

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y
AVIÓNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI PARA EL MONITOREO
Y CONTROL DE NIVEL UTILIZANDO EL PLC MICROLOGIX 1100
EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL EN EL
ITSA”.**

POR:

GUAMANI PROAÑO WILSON DAVID

**Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del Título
de:**

**TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

2012

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. GUAMANI PROAÑO WILSON DAVID, como requerimiento parcial para la obtención del título de tecnólogo en ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA.

Ing. Pablo Pilatásig
DIRECTOR DEL PROYECTO

Latacunga, Noviembre 2012

DEDICATORIA

En cada una de las líneas del presente trabajo se refleja todos los años de sacrificio esmero y dedicación, que los dedico a mis padres por ser quienes me apoyaron, y me inculcaron valores para no desfallecer pese a las adversidades, y seguir adelante en la culminación de la carrera.

Guamaní Proaño Wilson David

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme el maravilloso don de la vida, a mis padres por guiarme por el camino del bien y siempre estar a mi lado con sus consejos.

A mis hermanos, por brindarme su apoyo incondicional, ya que gracias a ellos logro culminar, y encontrarme realizando el presente proyecto, a mi hija Ariana, quien con su presencia me da fortaleza para cada día seguir adelante, A Fernanda por todo su apoyo brindado.

Guamaní Proaño Wilson David

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN	xviii
RESUMEN	1
SUMMARY	2

CAPÍTULO I

EL TEMA.....	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Justificación e importancia	4
1.2.1. Justificación teórica	4
1.3. Objetivos	4
1.3.1. General.....	4
1.3.2. Específicos	5
1.4. Alcance	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Sistemas de control.....	6
2.1.1. Sistemas en bucle abierto y cerrado.....	6
2.1.1.1. Bucle abierto	6
2.1.1.2. Bucle cerrado	7
2.2. Tipos De Control De Procesos.....	8
2.2.1. Control de dos pasos.....	8
2.3. Elementos de control.....	10
2.3.1. Válvulas de control	10
2.4. Medición del nivel de líquidos	11
2.4.1. Medidor de nivel ultrasónico	12
2.5. PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE).....	12
2.6. Tipos de señales	13
2.6.1. Variables analógicas.....	14
2.6.2. Variable digital	15
2.7. CONTROLADOR MICROLOGIX 1100.....	15
2.7.1. Características Generales	17
2.7.2. MicroLogix 1100 unidades básicas.....	19
2.8. Módulo de expansión	21
2.8.1. Diagrama de conexión del módulo 1762-IF2OF2	23

2.8.2.	Direccionamiento de las E/S del módulo de expansión 1762	24
2.9.	Instrucciones Allen Bradley	24
2.9.1.	Configuración de E/S.....	24
2.9.2.	Instrucción MOV-Move (mover).....	26
2.9.3.	Instrucciones de comparación	27
2.9.4.	Instrucciones matemáticas	29
2.10.	Software.....	31
2.10.1.	RSLinx Classic	31
2.10.3.	RSLogix500.....	33
2.10.4.	Top Server.....	34
2.10.5.	Labview	34

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA.....	37
3.1. Preliminares	37
3.2. Diseño e implementación del sistema	38
3.3. Comunicación del PLC con la PC.	41
3.4. Configuración Del RSLinx Classic	42
3.5. Configuración del RSLogix 500	46
3.7. Desarrollo de la programación.	50
3.5.1. Programación del PLC.....	50

3.5.2. Programación del Servidor Top Server.....	62
3.5.3. Programación del HMI en LabVIEW	71
3.6. Monitoreo y control.....	76
3.6.1. Funcionamiento del HMI	79

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
4.1. Conclusiones.....	81
4.2. Recomendaciones.....	82
GLOSARIO	83
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

Tabla 2. 1 Magnitudes normalizadas de señales analógicas 14

Tabla 2. 2 Características MicroLogix 1100 1763 – L16BWA 20

CAPÍTULO III

Tabla 3. 1 Entradas de la estación 38

Tabla 3. 2 Entradas y salidas del PLC y del Módulo de expansión 51

Tabla 3. 3 Variables empleadas en la programación 51

Tabla 3. 4 Relación de linealización 53

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

CAPÍTULO III

Fotografía 3. 1 Estación de Nivel de Líquido.....	37
Fotografía 3. 2 Conexión del PLC con módulo de expansión.	38
Fotografía 3. 3 Placa de conexión de la estación de nivel.	38
Fotografía 3. 4 Sensor de Nivel Ultrasónico.....	39
Fotografía 3. 5 Cambio de posición del Switch del módulo de expansión.....	39
Fotografía 3. 6 Conexión sensor ultrasónico.....	40
Fotografía 3. 7 Conexión de la bomba.	40
Fotografía 3. 8 Conexión de la electroválvula.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2. 1 Sistema de bucle abierto	7
Figura 2. 2 Sistema de bucle cerrado.....	7
Figura 2. 3 Termostato bimetálico	9
Figura 2. 4 Controlador característico	9
Figura 2. 5 Oscilaciones con un controlador del tipo de dos posiciones	10
Figura 2. 6 Válvula de control representativa	11
Figura 2. 7 Medidor de nivel ultrasónico.....	12
Figura 2. 8 PLC (Controlador Lógico Programable)	13
Figura 2. 9 PLC MicroLogix 1100.....	15
Figura 2. 10 Pantalla LCD estado de E/S.....	16
Figura 2. 11 Detalle del número de catálogo.....	19
Figura 2. 12 Energía y configuración de E/S	19
Figura 2. 13 Especificaciones generales.....	20
Figura 2. 14 Bloque de terminales 1763-L16BWA	20
Figura 2. 15 Direccionamiento E/S PLC MicroLogix 1100	21

Figura 2. 16 Ubicación switches del módulo de expansión 1762-IF2OF2.....	22
Figura 2. 17 Configuración de los Switches del módulo 1762-IF2OF2.....	22
Figura 2. 18 Especificaciones comunes del módulo de expansión analógica 1762	23
Figura 2. 19 Disposición de terminales de conexión	23
Figura 2. 20 Conexión de los sensores	24
Figura 2. 21 Direccionamiento de E/S.....	24
Figura 2. 22 Designación de direccionamiento.....	25
Figura 2. 23 Ejemplos de direccionamiento.	25
Figura 2. 24 Instrucción MOV.....	26
Figura 2. 25 Instrucciones válidas de direccionamiento, tipos de archivos.	27
Figura 2. 26 Instrucciones de comparación.....	27
Figura 2. 27 Instrucción GEQ.....	28
Figura 2. 28 Instrucción LEQ.....	28
Figura 2. 29 Instrucciones matemáticas.....	29
Figura 2. 30 Instrucción SCP escalado con parámetros.	30
Figura 2. 31 Barra de herramientas RSLinx.	32
Figura 2. 32 Detalle barra de herramientas.....	32

Figura 2. 33 Ventana RSLogix 500	33
Figura 2. 34 Ventana Panel Frontal LabVIEW.....	35
Figura 2. 35 Ventana Diagrama de Bloques LabVIEW	36
Figura 2. 36 Barra de Herramientas Panel Frontal LabVIEW	36
Figura 2. 37 Barra de Herramientas Diagrama de Bloques LabVIEW.....	36

CAPÍTULO III

Figura 3. 1 Ventana RSlinxClassic.	41
Figura 3. 2 Ventana del RSWho.....	42
Figura 3. 3 Configuración RSLinxClassic.	42
Figura 3. 4 Ventana principal RSLogix 500.	46
Figura 3. 5 Seleccionar tipo de procesador.....	46
Figura 3. 6 Ventana principal RSLogix500.	47
Figura 3. 7 Configuración del módulo de expansión.	47
Figura 3. 8 Barra de instrucciones Mover/Lógica.	51
Figura 3. 9 Move instruction.	52
Figura 3. 10 Mirilla de medición de nivel.	52
Figura 3. 11 Multiplicación de entrada con constante “m”.	54

Figura 3. 12 Suma variable con constante “b”.....	54
Figura 3. 13 Suma Set Point.	55
Figura 3. 14 Resta Set Point.	55
Figura 3. 15 Condición “menor que”.....	55
Figura 3. 16 Condición “mayor que”.....	56
Figura 3. 17 Accionamiento de la salida O:0.0.....	56
Figura 3. 18 Niveles de variables de proceso.....	56
Figura 3. 19 Accionamiento de la electroválvula.	57
Figura 3. 20 Barra de Iconos.....	57
Figura 3. 21 Mensaje Compilación.....	57
Figura 3. 22 Descargar programa.	58
Figura 3. 23 Confirmación descarga de programa	58
Figura 3. 24 Descarga del programa al PLC.....	58
Figura 3. 25 Ir en Línea.....	59
Figura 3. 26 Ventana RSLogix500 Programación remota.....	59
Figura 3. 27 Ejecutar Programa.....	59
Figura 3. 28 Confirmación cambio de modo del procesador.....	60
Figura 3. 29 Monitorización del Programa.....	60

Figura 3. 30 Adquisición de la señal de sensor de nivel.....	60
Figura 3. 31 Modo Programa.....	61
Figura 3. 32 Confirmación cambio procesador a modo marcha.	61
Figura 3. 33 Programación remota.....	61
Figura 3. 34 Ir a fuera de línea.	62
Figura 3. 35 Pantalla de Programación.....	62
Figura 3. 36 Top Server Add a channel.....	63
Figura 3. 37 New Channel Identification.....	63
Figura 3. 38 New Channel Device Drive.	64
Figura 3. 39 New Channel Communications.	64
Figura 3. 40 New Channel Summary.	65
Figura 3. 41 Top Server Add a device.....	65
Figura 3. 42 New device name.....	66
Figura 3. 43 New device model.....	66
Figura 3. 44 New device ID.....	67
Figura 3. 45 New device Timing.....	67
Figura 3. 46 New device protocol settings.....	68
Figura 3. 47 New device Summary	68

Figura 3. 48 Top Server Add a static tag	69
Figura 3. 49 Tag Propierties PV	69
Figura 3. 50 Tag Propierties SP	70
Figura 3. 51 Tag Propierties HIST	70
Figura 3. 52 Ventana Principal LabVIEW	71
Figura 3. 53 Indicador Numérico TANK.....	71
Figura 3. 54 Control Numérico Pointer Slide	71
Figura 3. 55 Control Numérico para la Histéresis	72
Figura 3. 56 Indicador Grafico Waveform Chart	72
Figura 3. 57 Programación gráfica Control de Nivel.....	72
Figura 3. 58 Diagrama de bloques LabVIEW	73
Figura 3. 59 Programación diagrama de Bloque estructura While Loop	73
Figura 3. 60 Programación diagrama de Bloque adición de un merge.....	74
Figura 3. 61 Propiedades PV	74
Figura 3. 62 Data Binding PV	75
Figura 3. 63 Slide Properties DSTP Server	75
Figura 3. 64 Selección del Tag PV.....	76
Figura 3. 65 Puesta en marcha y ejecutar PLC.....	76

Figura 3. 66 Ventana Principal TopServer Control Nivel	77
Figura 3. 67 OPC Quick Client Bad communication.....	77
Figura 3. 68 Shutdown RSLinx Classic	77
Figura 3. 69 OPC Quick Client Good communication	78
Figura 3. 70 Panel frontal LabVIEW	78
Figura 3. 71 Run Continuosly Control Nivel.....	79
Figura 3. 72 Incremento del nivel hasta el SP	79
Figura 3. 73 PV sobrepasa SP en el valor de HIST	80
Figura 3. 74 Oscilación de PV	80

ÍNDICE DE ANEXOS

Data files.	83
------------------	----

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los diversos procesos en la industria, buscan cada día avanzar a la par con la tecnología, es así que con la competitividad se busca además mejorar la calidad de la producción, con una reducción del tiempo, y una reducción en el costo.

Mediante la implementación de control de procesos, con el monitoreo y la automatización, se obtiene más precisión, y con ello menor tiempo de producción, y por ende la reducción de costos.

Debido a lo antes mencionado, el presente proyecto está orientado a proporcionar una herramienta para el mejor aprendizaje, y entendimiento de la automatización, ya que se trabaja con variables empleadas en la industria, como el nivel de un líquido, y equipos utilizados como PLC, Sensores etc. Estableciendo así el monitoreo y control de la variable (nivel).

RESUMEN

En la actualidad el acelerado desarrollo de la electrónica han motivado que todas las esferas de la vida humana se estén automatizando.

Es así que ante estas exigencias la presente investigación se centra en la creación de un HMI (interfaz humano máquina), para establecer el monitoreo y control del nivel del líquido, contenido en un recipiente, de la estación de nivel de marca *DEGEM SYSTEM*, del Laboratorio de Instrumentación Virtual del ITSA.

Para ello se emplea un PLC, MicroLogix 1100 de la marca Allen Bradley, un módulo de expansión 1762 IF2OF2, con dos entradas y salidas analógicas, un sensor de nivel ultrasónico U-GAGE S18U de la marca BANNER, una bomba y una electroválvula propias de la estación.

El sensor de nivel envía señal, al módulo de expansión, el cual se encuentra conectado al PLC, procesa la información, la misma que se visualiza en un computador, mediante un software, que en este caso es LabVIEW, con la ayuda de un servidor, TopServer.

Mediante el Programa que se desarrolló en LabVIEW, se tiene el control del nivel del recipiente, el cual se puede variar entre los valores permitidos por el mismo.

El PLC, comanda, la bomba, y la electroválvula, según sea el caso, la bomba para el llenado y la electroválvula para el vaciado, para ello se utilizan dos salidas digitales del PLC.

De esta manera está conformado el HMI, teniendo el monitoreo y control del nivel del líquido de la estación.

SUMMARY

At present, the rapid development of electronics have led to all spheres of human life are automating.

Thus, with these requirements this research focuses on creating an HMI (human machine interface), to establish the monitoring and control of liquid level, in a container, station Degem SYSTEM brand level, the virtual instrumentation laboratory ITSA.

This uses a PLC Micrologix 1100 Allen-Bradley brand, a 1762 expansion module IF2OF2, with two analog inputs and outputs, an ultrasonic level sensor U-GAGE S18U BANNER brand, and a pump and the solenoid own station.

The level sensor sends signal to the expansion module, which is connected to the PLC, processes the information; it is displayed on a computer, using software, the LabVIEW this case with the help of a server, TopServer.

Using the program developed in LabVIEW, it controls the level of the container, which can vary between the values allowed for the same.

The PLC, commands, the pump and the valve, as applicable, for it uses two digital outputs of the PLC.

Thus is formed the HMI, with monitoring and control of liquid level of the station.

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1. Antecedentes

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ITSA, en una institución educativa cuya misión es la de formar los mejores profesionales Aeronáuticos, íntegros, e innovadores, competitivos y entusiastas, a través del aprendizaje por logros aportando así, al desarrollo del País.

Así como también la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica, forma profesionales altamente calificados en las áreas de aeronáutica y electrónica en general, además la carrera brinda conocimientos técnicos, tanto teóricos como prácticos que tienen por objetivo la aplicación de la electrónica para la resolución de problemas en el ámbito industrial y específicamente aeronáutico, en razón del avance tecnológico.

Así al pasar de los años, se han ido implementando y renovando los equipos existentes en los laboratorios, y en particular en el laboratorio de Instrumentación Virtual del ITSA, para cumplir con la finalidad de formar profesionales competitivos, mejorando la destreza de los estudiantes, y así cumplir con lo antes mencionado, en el presente proyecto, se implementó equipos relacionados con la tecnología actual, mejorando los equipos existentes en el laboratorio, mediante la implementación de PLC MicroLogix 1100 de la marca Allen Bradley.

El MicroLogix 1100 combina todas las características requeridas en un controlador compacto, con transmisión de mensajes por EtherNet/IP, edición en

línea, una pantalla LCD incorporada en cada controlador y una combinación de E/S versátiles.

1.2. Justificación e importancia

1.2.1. Justificación teórica

La industria, en el mercado competitivo en el que se encuentra, incorpora periódicamente a su planta productiva nueva tecnología, tratando de mejorar la calidad, y la rapidez de la producción, debido a ello surge la necesidad de capacitar a los estudiantes, desarrollando en los mismos niveles de conocimiento acerca de los nuevos dispositivos, empleados en el campo industrial.

Con la implementación de equipos más actualizados, relacionados con el avance tecnológico, en el laboratorio de Instrumentación Virtual del ITSA, se logró mitigar el desconocimiento de los estudiantes, mejorando su destreza en la operación de los mismos, beneficiándolo para la vida profesional.

Con la elaboración de este proyecto, se pretende establecer la factibilidad de realizar un interfaz humano máquina (HMI), para mediciones de nivel de líquidos, mediante la aplicación de un PLC MicroLogix 1100 de la marca Allen Bradley, el mismo que se empleará para la enseñanza y aprendizaje en el laboratorio de Instrumentación Virtual del ITSA.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Realizar el diseño e implementación de un HMI para el monitoreo y control de nivel utilizando el PLC MicroLogix 1100 de la marca Allen Bradley en el laboratorio de Instrumentación Virtual en el ITSA.

1.3.2. Específicos

- Recopilar la información bibliográfica actualizada y los conocimientos relacionados con los procesos de automatización, para proceder a la realización de la interfaz.
- Analizar la información emitida por los sensores, para la medición de nivel y control mediante los actuadores.
- Realizar la interfaz completamente ilustrada, para mejor apreciación de los estudiantes.

1.4. Alcance

El propósito del desarrollo del presente proyecto, está enfocado, en mejorar los conocimientos teóricos y prácticos, de los estudiantes, así como también desarrollar habilidades y destrezas, que a la postre serán empleados en la vida profesional.

Ratificando de esta manera la categoría y el nivel de enseñanza, del ITSA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Sistemas de control

Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados.¹

2.1.1. Sistemas en bucle abierto y cerrado²

Hay dos formas básicas de sistema de control, una llamada *bucle cerrado* y otra en *bucle abierto*.

2.1.1.1. Bucle abierto

El bucle abierto, se caracteriza principalmente, porque la señal de salida del proceso no se realimenta, para realizar un control de la variable del proceso.

Es decir por ejemplo, si se requiere calentar una habitación, con una estufa que tiene un mando que permite seleccionar entre 1 0 2 KW, la persona seleccionará 1KW si no requiere una temperatura tan elevada en la habitación, la habitación se calentara a una temperatura determinada solo por el hecho de haber posicionado a la estufa a 1KW, si existen cambios en las condiciones, por ejemplo una ventana abierta, no habrá forma de ajustar la producción de calor para compensar la pérdida.

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_control

² HYDE, (1997), control industrial e instrumentación

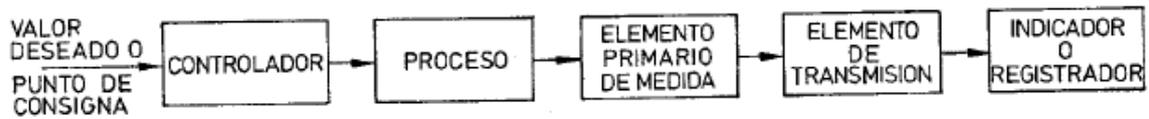


Figura 2. 1 Sistema de bucle abierto.
Fuente: CREUS, "Instrumentación Industrial".

2.1.1.2. Bucle cerrado

En el bucle cerrado, la señal final del proceso, es decir de la variable que se quiere controlar, se realimenta al inicio del proceso.

Considerando el ejemplo anteriormente mencionado, se comportaría como un sistema de control de bucle cerrado, si la temperatura de la habitación, fuera medida por un termómetro, y dicha información fuera procesada, para posicionar la estufa en 1 o 2 KW, según sean los requerimientos, para en lo posible mantener estable la temperatura de la habitación.

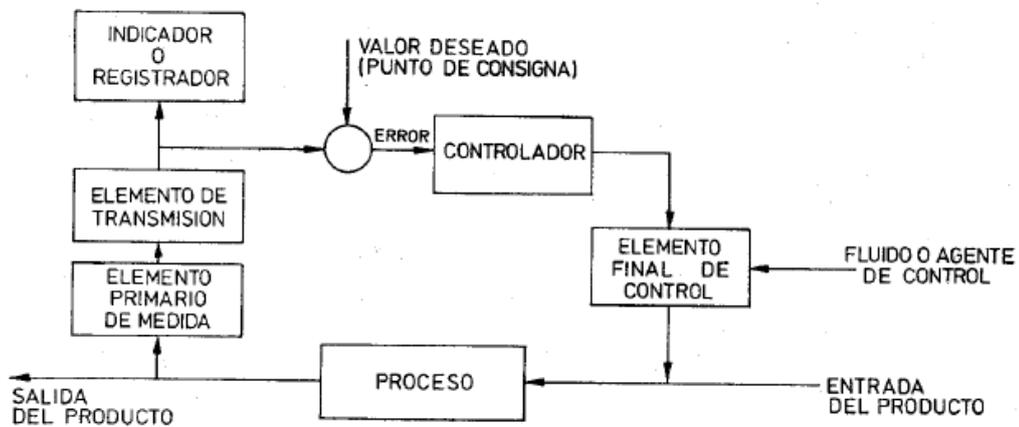


Figura 2. 2 Sistema de bucle cerrado.
Fuente: CREUS, "Instrumentación Industrial".

2.2. Tipos De Control De Procesos³

Según la forma de operar el sistema de control se puede clasificar en:

- Control manual: Cuando un operador humano es el que efectúa el control sobre el sistema.
- Control semiautomático: Cuando parte del proceso de control es automático y otra parte es manual.
- Control automático: Cuando no interviene un operador humano, sino son elementos artificiales los que efectúan el control.

Según la forma en que este sistema controla otros sistemas, se clasifica en:

- Control secuencial. Como su nombre lo indica, este tipo de control establece una secuencia para la ejecución de distintos procesos. Dependiendo del sistema a controlar, esta secuencia puede o no ser cíclica. Son ejemplos de control secuencial: el control de plantas envasadoras, dosificadoras de líquidos, el arranque de quemadores en unidades de generación de vapor (calderas), etc.
- Control de variables. Este tipo de control actúa sobre los parámetros de salida de un sistema físico para que converjan con los valores requeridos o de referencia. Son ejemplos de control de variables: el control de la altura de un fluido en un recipiente, del caudal de un líquido, el control de la temperatura a la cual debe llegar un horno de secado de pintura, etc.

2.2.1. Control de dos pasos

Hay varias maneras mediante las cuales una unidad de control puede reaccionar a una señal de error.

La más simple es el *modo de dos pasos*. Un ejemplo de esto es el termostato bimetalico (fig. 2.3), utilizado en un sistema de calefacción central doméstico. Si la

³ HYDE, (1997), control industrial e instrumentación

temperatura de la habitación es superior a la temperatura requerida entonces la lámina bimetálica está en una posición *off* y el calentador se encuentra apagado. Si la temperatura de la habitación baja de la temperatura requerida, entonces la lámina bimetálica cambia a la posición *on* y el calentador estará completamente encendido.

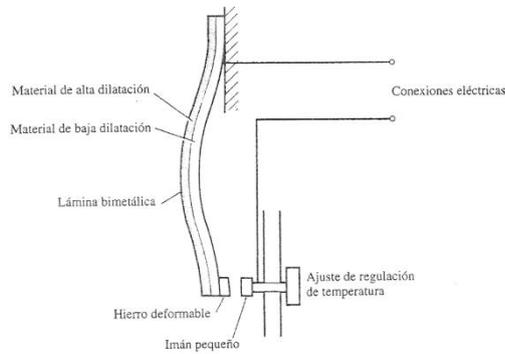


Figura 2. 3 Termostato bimetálico.

Fuente: <http://real2electronics.blogspot.com/2011/07/maqueta-de-control-pid-con-arduino.html>

El controlador, en este caso, puede estar solo en dos posiciones, *on* u *off*, como se indica en la fig. 2.4.

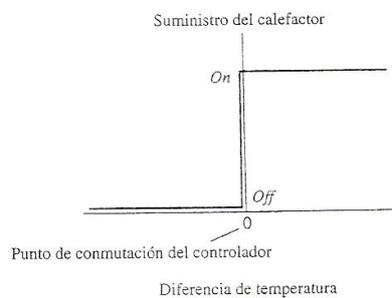


Figura 2. 4 Controlador característico.

Fuente: <http://www.unitronics.com/KnowledgeBase/U90Ladder>.

Con el método de dos pasos, la acción de control es discontinua. Como consecuencia de esto parece oscilaciones sobre la condición requerida.

Esto es debido al tiempo que los sistemas de control y de proceso tardan en responder.

Por ejemplo, en el caso del sistema de calefacción central doméstico, cuando la temperatura de la habitación baja de nivel requerido, el tiempo que transcurre antes de que el sistema de control responda y se conecte el calentador podría ser

muy pequeño en comparación con el tiempo que transcurre antes que el calentador comience a hacer efecto en la temperatura de la habitación, entre tanto la temperatura ha bajado aún más.

La situación inversa ocurre cuando ha subido la temperatura al nivel requerido. Debido a que transcurre tiempo antes de que el sistema de control reaccione y se apague el calentador, y aún más tiempo mientras el calentador se enfría y deja de calentar la habitación, es así que la temperatura de la habitación sobrepasara el valor requerido, oscilando sobre y por debajo del nivel requerido.

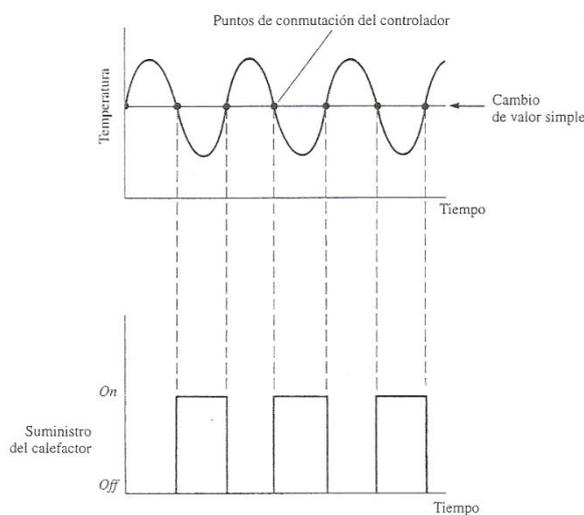


Figura 2. 5 Oscilaciones con un controlador del tipo de dos posiciones.

Fuente: <http://real2electronics.blogspot.com/2011/07/maqueta-de-control-pid-con-arduino.html>.

2.3. Elementos de control

2.3.1. Válvulas de control⁴

En el control automático de los procesos industriales la válvula de control juega un papel muy importante en el bucle de regulación. Realiza la función de variar el caudal del fluido de control que modifica a su vez el valor de la variable medida comportándose como un orificio de área continuamente variable.

⁴ CREUS, (1997). Instrumentación Industrial PP 365 - 366

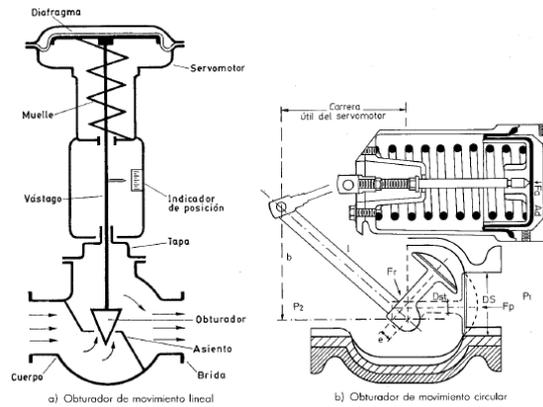


Figura 2. 6 Válvula de control representativa.
Fuente: CREUS, “Instrumentación Industrial”.

En la figura puede verse una válvula de control típica. Se compone básicamente del cuerpo y del servomotor.

El cuerpo de la válvula contiene en su interior el obturador y los asientos y está provisto de rosca o de bridas para conectar la válvula a la tubería. El obturador es quien realiza la función de control de paso del fluido.

2.4. Medición del nivel de líquidos

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien sea directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, la precisión hidrostática, el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, o bien aprovechando características eléctricas del líquido.

Los instrumentos que utilizan características eléctricas del líquido se clasifican en:

- Medidor resistivo.
- Medidor conductivo.
- Medidor capacitivo.
- Medidor ultrasónico.
- Medidor de radiación.
- Medidor de láser.

2.4.1. Medidor de nivel ultrasónico

En una versión de medidor de nivel ultrasónico, se coloca un transmisor ultrasónico sobre la superficie del líquido que emite impulsos ultrasónicos, dichos impulsos son reflejados desde la superficie a un receptor.

Puede medirse el tiempo empleado desde la emisión a la recepción del impulso reflejado. Puesto que el tiempo empleado depende de la distancia de la superficie del líquido desde el transmisor/receptor, puede determinarse entonces el nivel del líquido.

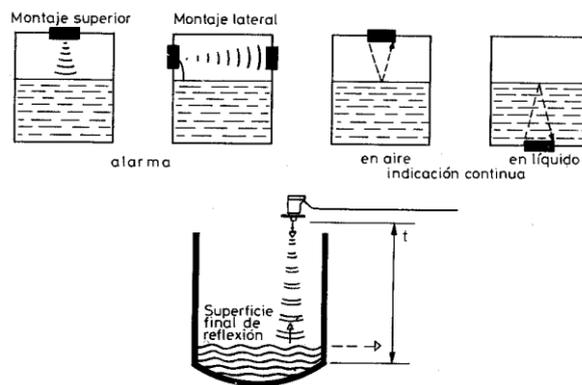


Figura 2. 7 Medidor de nivel ultrasónico

Fuente: CREUS, "Instrumentación Industrial"

2.5. PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)

Un controlador lógico programable es un dispositivo que controla una máquina o proceso y puede considerarse simplemente como una caja de control con dos filas de terminales: una para salida y la otra para entrada.

Los terminales de salida proporcionan comandos para conectar a dispositivos como válvulas solenoides, motores, lámparas indicadoras, indicadores acústicos y otros dispositivos de salida.

Los terminales de entrada reciben señales de retroalimentación (feedback) para conexión a dispositivos como interruptores de láminas, disyuntores de seguridad, sensores de proximidad, sensores fotoeléctricos, pulsadores e interruptores manuales, y otros dispositivos de entrada.

El circuito para producir las salidas deseadas en el momento adecuado o en la secuencia adecuada para la aplicación, se dibuja en forma de diagrama de contactos y programa en la memoria del PLC como instrucciones lógicas.

El único cableado necesario es para los dispositivos de entrada y salida. No se precisa de cableado lógico alguno.



Figura 2. 8 PLC (Controlador Lógico Programable).
Fuente: Selection guide Micrologix Programmable Controllers.

2.6. Tipos de señales⁵

Dentro del amplio campo de la instrumentación y la automatización, se encuentran un sin número de señales, que son registradas de los fenómenos físicos, que se desee monitorear, o controlar, las que se consideran en el presente trabajo, son las señales electrónicas.

En electrónica se trabaja con variables que toma la forma de:

- Tensión o
- Corriente.

Las señales primordialmente pueden ser de dos tipos:

⁵ http://www.eueti.uvigo.es/files/material_docente/478/muestreodesenales.pdf

2.6.1. Variables analógicas

Son aquellas que pueden tomar un número infinito de valores comprendidos entre dos límites. La mayoría de fenómenos de la naturaleza dan señales de este tipo

Ejemplo:

- Presión.
- Temperatura.
- Nivel.
- Etc.

3.3.1. Magnitudes de las señales analógicas.

En las tareas de supervisión industrial, los sensores registran los factores ambientales.

Dentro de los procesos, las señales de sensores registran los cambios continuos de campo de supervisión.

Normalmente se genera un valor eléctrico de tensión o corriente, que es proporcional a las magnitudes físicas que se desea controlar.

En la técnica de proceso son habituales las magnitudes de señales eléctricas normalizadas, las corrientes/tensiones normalizadas analógicas se han establecido como las magnitudes físicas de medida y control, siendo los valores estandarizados:

Tabla 2. 1 Magnitudes normalizadas de señales analógicas

Corriente	(4 – 20)mA
Tensión	(0 – 10)V

Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_en_automatizaci%C3%B3n_y_control_industrial

Elaborado por: Autor del proyecto.

2.6.2. Variable digital

También llamadas variables discretas, entendiéndose por estas, las variables que pueden tomar un número finito de valores. Por ser de fácil realización los componentes físicos con dos estados diferenciados, es este el número de valores utilizado para dichas variables, que por lo tanto son binarias. Siendo estas variables más fáciles de tratar (en lógica serían los valores V y F) son los que generalmente se utilizan para relacionar varias variables entre sí y con sus estados anteriores.

2.7. CONTROLADOR MICROLOGIX 1100⁶

El MicroLogix combina todas las características requeridas en un controlador compacto, con:

- Transmisión de mensajes por EtherNet/IP.
- Edición en línea
- Una pantalla LCD incorporada en cada controlador y
- Una combinación de E/S versátiles.



Figura 2. 9 PLC MicroLogix 1100.

Fuente: Selection guide Micrologix Programmable Controllers.

⁶ General Characteristics, Micrologix 1100

El puerto EtherNet/IP de 10/100 Mbps para transmisión de mensajes entre dispositivos similares ofrece a los usuarios conectividad de alta velocidad entre controladores y la capacidad de acceder, monitorear y programar desde la planta a cualquier lugar donde esté disponible una conexión Ethernet.

Un servidor de web incorporado permite al usuario configurar datos de manera personalizada del controlador y verlos como página web.

Más aún, un segundo puerto combinado RS-232/RS-485 proporciona una variedad de protocolos diferentes de red y punto a punto.

Con la edición en línea, es posible hacer modificaciones a un programa mientras está en ejecución, lo cual permite realizar el ajuste fijo de un sistema de control operativo, incluyendo lazos PID. Esta función no solo reduce el tiempo de desarrollo sino que ayuda en la resolución de problemas.

Con la pantalla LCD incorporada, permite al usuario monitorear los datos dentro del controlador, modificar opcionalmente dichos datos e interactuar con el programa de control.

La pantalla LCD muestra el estado de las E/S digitales incorporadas y las funciones del controlador, y actúa como pareja de potenciómetros de ajuste digital para permitir que un usuario examine y ajuste un programa.

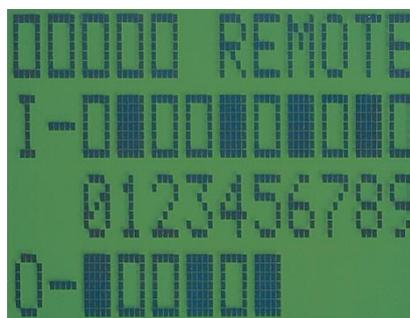


Figura 2. 10 Pantalla LCD estado de E/S.
Fuente: General description Micrologix 1100.

La pantalla de inicio configurable por el usuario le permite personalizar el controlador para identificar la máquina en la cual se usa, el diseñador del sistema de control o el nombre de la compañía que lo usa.

2.7.1. Características Generales

En el PLC MicroLogix 1100 de la marca Allen Bradley, tiene 10 entradas digitales, seis salidas digitales y dos entradas analógicas, con la capacidad de añadir módulos, digitales, analógicos, de RTD y termopar para personalizar el controlador para su ampliación. En versiones del controlador con entradas de cc, hay un contador de alta velocidad, y en la versión de salida cc, dos salidas PTO/PWM, lo cual permite al controlador funcionar en aplicaciones simples de control de movimiento.

2.7.1.1. Comunicaciones

El puerto combinado del canal 0 de comunicación proporciona compatibilidad eléctrica con RS-232 y RS-485 aislada (en pines separados)

- DF1 Full Duplex/DF1 HalfDuplex maestro y esclavo/módem de radio DF1.
- DH-485 (compatible directamente usando el cable 1763-NC01 RS-485 en este puerto; o usando el puerto RS-232 y cables existentes, un 1761-NET-AIC y una fuente de alimentación externa se requieren para conexión en red).
- Modbus™ RTU maestro y RTU esclavo (compatible directamente usando el cable 1763-NC01 RS-485 en este puerto, o usando el puerto RS-232 y los cables existentes, un 1761-NET-AIC y alimentación externa se requieren para la conexión en red).
- ASCII

Canal de comunicación 1 con puerto RJ45 incorporado compatible con transmisión de mensajes entre dispositivos similares mediante EtherNet/IP:

- Puerto de 10/100 Mbps compatible con la capacidad BOOTP, DHCP y SNMP directamente desde el controlador.

- Asigne automáticamente una dirección IP a través de DHCP o BOOTP, o haga la configuración usando el software de programación RSLogix 500.
- Monitoree su dirección IP a través de la pantalla LCD (o use la placa del fabricante con área para escritura).
- Compatible con CIP.
- Permite a los controladores intercambiar datos con otros controladores mediante transmisión de mensajes (no acepta escaneo de E/S en adaptadores Ethernet).

2.7.1.2. Expansión

Usa hasta cuatro módulos de E/S 1762 (usados también para expandir los controladores MicroLogix 1200) para aumentar su conteo de E/S, así como para proporcionar flexibilidad de E/S para su aplicación.

Los módulos incluyen:

Entradas – 120 VCA, 24 VCC drenador/surtidor, analógicas, RTD y de termopar.

Salidas – 120 a 240 VCA, 24 VCC surtidor, de relé (incluyendo alta corriente aislada) y analógicas.

2.7.1.3. Software de programación RSLOGIX™ 500

Compatible con las familias de procesadores SLC 500 y MicroLogix de Allen-Bradley, RSLogix 500 fue el primer software de programación de PLC que ofreció una productividad insuperable con una interface de usuario líder en la industria. El software RSLogix 500 ofrece:

- Editores flexibles, fáciles de usar.
- Herramientas de diagnóstico y resolución de problemas.
- Potentes características que ahorran tiempo y ofrecen funcionalidad.
- Una interface de usuario de clase mundial diseñada para usuarios sin experiencia

2.7.2. MicroLogix 1100 unidades básicas

La unidad de base contiene las entradas, salidas, incrustados fuente de alimentación y puertos de comunicación.

La unidad base también proporciona la interfaz a la expansión de E / S cuando sea requerido por una aplicación.

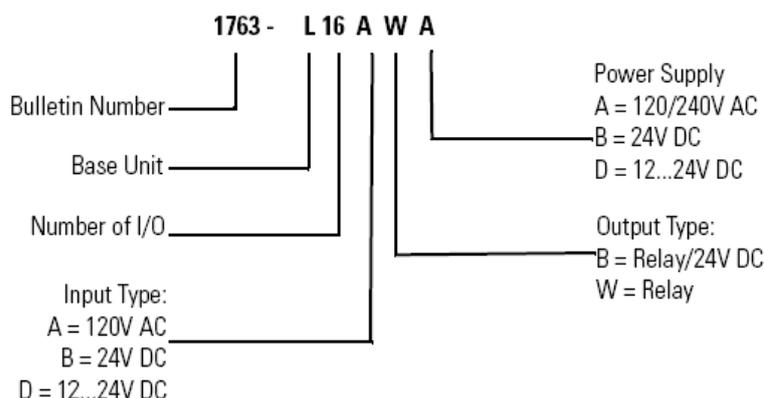


Figura 2. 11 Detalle del número de catálogo.

Fuente: Selection Guide Micrologix Programmable Controller.

Cat. No.	Line Voltage	Number of Inputs	Number of Outputs	High Speed I/O
1763-L16AWA	120/240V AC	(10) 120V AC (2) Analog Voltage	(6) Individually Isolated Relay	None
1763-L16BWA	120/240V AC	(6) 24V DC (4) Fast 24V DC (2) Analog Voltage	(6) Individually Isolated Relay	(4) 40 kHz input
1763-L16BBB	24V DC	(6) 24V DC (4) Fast 24V DC (2) Analog Voltage	(2) Individually Isolated Relay (2) 24V DC FET (2) Fast 24V DC FET	(4) 40 kHz input (2) 40 kHz output
1763-L16DWD	12...24V DC	(6) 12V DC/24V DC (4) Fast 12V DC/24V DC (2) Analog Voltage	(6) Individually Isolated Relay	(4) 40 kHz input

Figura 2. 12 Energía y configuración de E/S.

Fuente: Selection Guide Micrologix Programmable Controller.

En la tabla 2.2, se muestran las características de las entradas y salidas mencionadas anteriormente para el MicroLogix 1100 1763 – L16BWA, el cual es utilizado en el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 2. 2 Características MicroLogix 1100 1763 – L16BWA.

Alimentación eléctrica	Entradas digitales	Entradas analógicas	Salidas digitales	Puertos de comunicación
120/240 VAC	(6) 24 VDC (4) 24 VDC de alta velocidad	(2) entradas de voltaje (0-10) VDC	(6) tipo relé Todas individualmente aisladas	(1) RS-232/485 combinado (1) Ethernet

Fuente: Selection Guide Micrologix Programmable Controller.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Controller General Specifications

Attribute	MicroLogix 1100 (Bulletin 1763)	MicroLogix 1400 (Bulletin 1766)
Memory Size and Type	8 KB battery backed RAM: 4 K user program, 4 K user data	20 KB battery backed RAM: 10 K user program, 10 K user data
Data Elements	configurable, user defined file structure, 4 KB max data size	configurable, user defined file structure, 10 KB max data size
Throughput	1.5 ms (for a typical 1 KB word user program) ⁽¹⁾	0.7 ms (for a typical 1 KB word user program) ⁽¹⁾

(1) A typical user program contains bit, timer, counter, math, and file instructions.

Figura 2. 13 Especificaciones generales.

Fuente: Selection Guide Micrologix Programmable Controller.

En la figura 2.14 se muestra el bloque de terminales del PLC MicroLogix 1100 1763-L16BWA, en la misma se puede observar cómo se realiza la conexión a los puntos comunes para la utilización de los bloques de terminales.

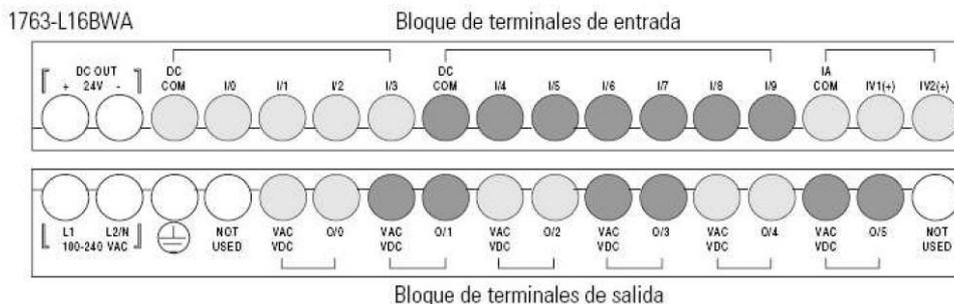


Figura 2. 14 Bloque de terminales 1763-L16BWA.

Fuente: Selection Guide Micrologix Programmable Controller.

2.7.2.1. Manejo de E/S Del PLC MicroLogix 1100

Las entradas y salidas del PLC MicroLogix1100, se direccionan de la siguiente manera.

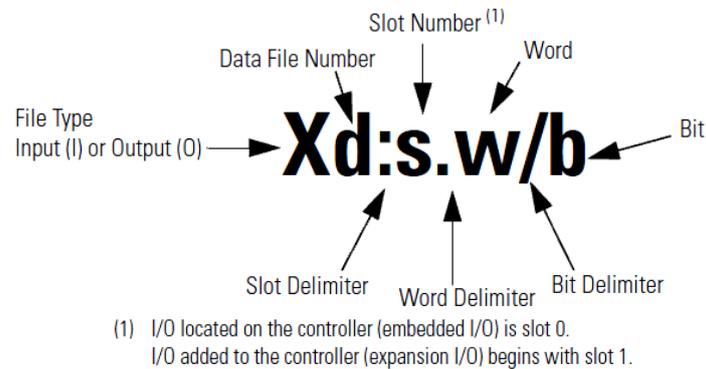


Figura 2. 15 Direccionamiento E/S PLC MicroLogix 1100.
Fuente: Instruction set Reference Manual Micrologix 1100.

2.8. Módulo de expansión

Las E/S del controlador MicroLogix 1100 se pueden ampliar mediante el uso del módulo de expansión de E/S 1762 como plataforma de los controladores MicroLogix 1200.

En el presente proyecto se emplea el módulo 1762-IF2OF2, con la combinación de dos canales de entrada y dos canales de salida de Voltaje/Corriente.

En el módulo existen dos switch, para seleccionar el tipo de señal a la que va a trabajar el mismo, ya sea con señales de corriente, o de voltaje, los switches, se encuentran entre las estrías de ventilación, como se puede apreciar en la fig. 2.16

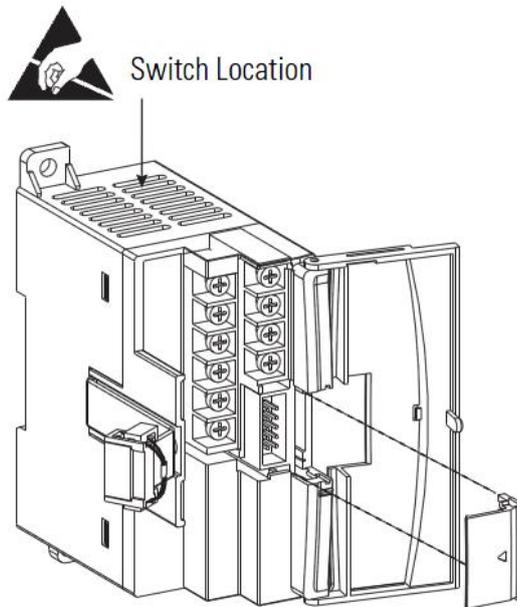


Figura 2. 16 Ubicación switches del módulo de expansión 1762-IF2OF2.
Fuente: Installation Instructions Micrologix 1762 Analog In/Out.

El switch 1, es utilizado para la configuración del canal 0, mientras que el posicionamiento del switch 2, para la configuración del canal 1. En la figura 2.17, se aprecia la posición de los switches, de acuerdo a la señal con la que va a operar el módulo.

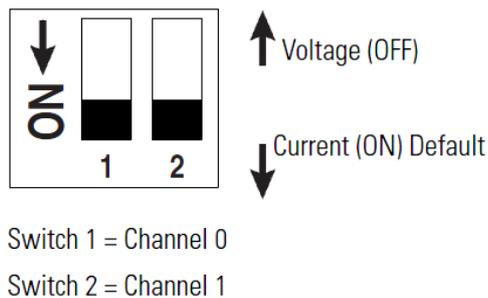


Figura 2. 17 Configuración de los Switches del módulo 1762-IF2OF2.
Fuente: Installation Instructions Micrologix 1762 Analog In/Out.

Cada canal en los módulos 1762-IF2OF2 tiene la capacidad de ser configurado individualmente para entradas/salidas de corriente analógica (4 a 20 mA) o voltaje (0 a 10 Vdc).

Attribute	1762-IF4	1762-IF20F2
Bus Current Draw, max	40 mA @ 5V DC 50 mA @ 24V DC	40 mA @ 5V DC 105 mA @ 24V DC
Analog Normal Operating Range	Voltage: -10...10V DC Current: 4...20 mA	Voltage: 0...10V DC Current: 4...20 mA
Full Scale ⁽¹⁾ Analog Ranges	Voltage: -10.5...10.5V DC Current: -21...21 mA	Voltage: 0...0.5V DC Current: 0...21 mA
Resolution	15 bits	12 bits (unipolar)
Repeatability ⁽²⁾	±0.1%	±0.1%
Input and Output Group to System Isolation	30V AC/30V DC rated working voltage ⁽³⁾ (N.E.C. Class 2 required) (IEC Class 2 reinforced insulation) type test: 500V AC or 707V DC for 1 minute	

Figura 2. 18 Especificaciones comunes del módulo de expansión analógica 1762.
Fuente: General description Installation Instructions MicroLogix 1762 Analog In/Out.

2.8.1. Diagrama de conexión del módulo 1762-IF20F2

En la figura 2.15 se muestran los bornes de conexión del módulo de expansión 1762-IF20F2, el cual es empleado, para la adquisición de la señal analógica proveniente del sensor.

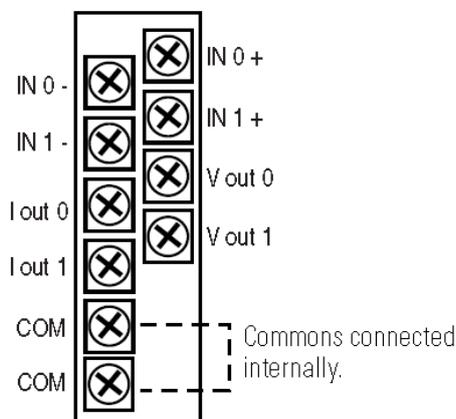


Figura 2. 19 Disposición de terminales de conexión.
Fuente: Installation Instructions MicroLogix 1762 Analog In/Out.

De acuerdo a la configuración que se le pueda hacer al módulo, se pueden realizar las conexiones de los sensores de la siguiente manera:

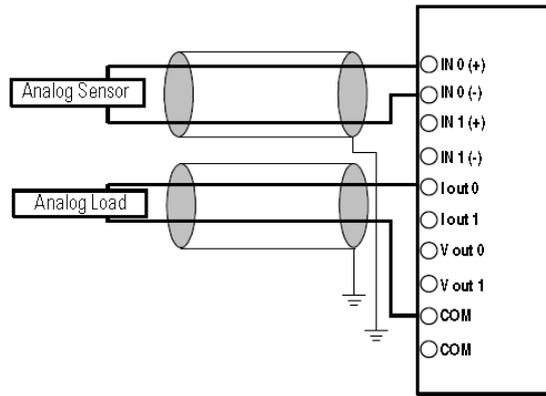
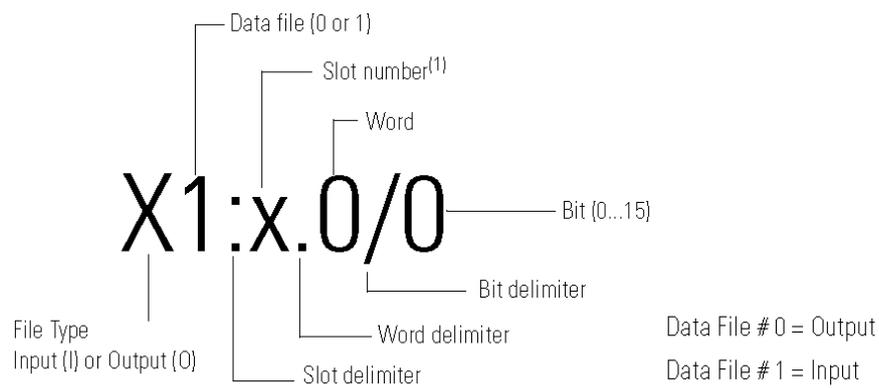


Figura 2. 20 Conexión de los sensores

Fuente: Installation Instructions MicroLogix 1762 Analog In/Out

2.8.2. Direccionamiento de las E/S del módulo de expansión 1762

El esquema de direccionamiento para el 1762 se muestra en la figura 2.21.



(1) I/O located on the controller (embedded I/O) is slot 0.
I/O added to the controller (expansion I/O) begins with slot 1.

Figura 2. 21 Direccionamiento de E/S.

Fuente: Installation Instructions MicroLogix 1762 Analog In/Out.

2.9. Instrucciones Allen Bradley.⁷

2.9.1. Configuración de E/S

El controlador viene con E/S incorporadas, que se encuentran físicamente en el controlador, además de las que se pueden agregar, con los módulos de expansión.

⁷ Allen Bradley, Instruction Set Reference Manual, MicroLogix 1100

Las mismas que son E/S discretas, y entradas analógicas, como se aprecia en la tabla 2.2

Las mismas que pueden ser configuradas de la siguiente manera.

Formato	Explicación		
O d:s.w/b	X	Tipo de archivo	Entrada (I) o salida (O)
I d:s.w/b	d	Número de archivo de datos <i>(opcional)</i>	0 = salida, 1 = entrada
	:	Delimitador de ranura <i>(opcional, no se requiere para los archivos de datos 2 a 255)</i>	
	s	Número de ranura (decimal)	E/S incorporadas: ranura 0 E/S de expansión: <ul style="list-style-type: none"> • ranuras 1 a 6 para MicroLogix 1200 (vea una ilustración en la página 1-3). • ranuras 1 a 16⁽¹⁾ para MicroLogix 1500 (vea una ilustración en la página 1-10).
	.	Delimitador de palabra. Se requiere sólo si un número de palabra es necesario, como se indica a continuación.	
	w	Número de palabra	Se requiere para leer/escribir palabras, o si el número de bit discreto es mayor que 15. Rango: 0 a 255
	/	Delimitador de bit	
	b	Número de bit	0 a 15

1) Ranuras 1 a 8 para las bases de la Serie A.

Figura 2. 22 Designación de direccionamiento.
Fuente: Instruction Set Reference Manual MicroLogix 1100.

Con la acotación dada anteriormente se puede ejemplificar, la utilización del direccionamiento, como se muestra en la figura 2.21.

Nivel de direccionamiento	Ejemplo de dirección ⁽¹⁾	Ranura	Palabra	Bit
Direccionamiento de bit	0:0/4 ⁽²⁾	Ranura de salida 0 (E/S incorporada)	palabra 0	bit de salida 4
	0:2/7 ⁽²⁾	Ranura de salida 2 (E/S de expansión)	palabra 0	bit de salida 7
	1:1/4 ⁽²⁾	Ranura de entrada 1 (E/S de expansión)	palabra 0	bit de entrada 4
	1:0/15 ⁽²⁾	Ranura de entrada 0 (E/S incorporada)	palabra 0	bit de entrada 15
Direccionamiento de palabra	0:1.0	Ranura de salida 1 (E/S de expansión)	palabra 0	
	1:7.3	Ranura de entrada 7 (E/S de expansión)	palabra 3	
	1:3.1	Ranura de entrada 3 (E/S de expansión)	palabra 1	

1) El número de archivo de datos opcional no se muestra en estos ejemplos.

2) El delimitador y número de palabra no se muestran. Por lo tanto, la dirección se refiere a la palabra 0.

Figura 2. 23 Ejemplos de direccionamiento.
Fuente: Instruction Set Reference Manual MicroLogix 1100.

2.9.2. Instrucción MOV-Move (mover)

La instrucción MOV es usada para mover datos desde un origen hacia un destino, mientras el relé permanece verdadero, la instrucción mueve los datos, hacia el destino.

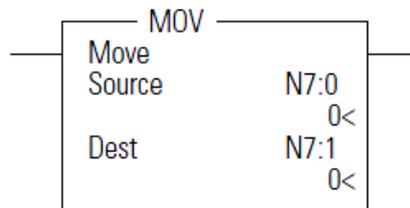


Figura 2. 24 Instrucción MOV.

Fuente: Instruction Set Reference Manual MicroLogix 1100.

2.9.3. Usando la instrucción MOV

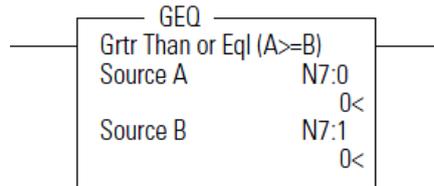
Cuando se utilice la instrucción MOV, se debe considerar lo siguiente.

- El origen y destino pueden ser datos de diferentes tamaños. El origen se convierte en el tamaño del destino cuando la instrucción se ejecuta. Si el valor asignado al origen no cabe en el destino, el desbordamiento se trata de la siguiente manera.
- Si el bit de selección de desbordamiento matemático es evidente, un resultado saturado se almacena en el destino. Si el origen es positivo, el destino es 32767 (palabra), y si el resultado es negativo el destino es -32768.
- El origen puede ser una constante o una dirección.
- Las constantes validas son -32.768 a 32.767 (palabra), y de -2.147,483,648 a 2.147,483,648 (palabra larga)

A continuación se detallan las instrucciones de comparación utilizadas en el presente proyecto.

2.9.3.1. Mayor o igual a (GEQ Greater than or equal to)

La instrucción GEQ, es utilizada para comprobar si un valor es mayor que o igual a un segundo valor.



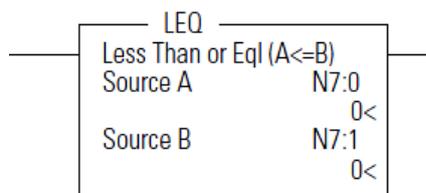
Instruction	Relationship of Source Values	Resulting Rung State
GEQ	$A \geq B$	true
	$A < B$	false

Figura 2. 27 Instrucción GEQ.

Fuente: Instruction Set Reference Manual MicroLogix 1100.

2.9.3.2. Menor o igual a (LEQ Less than or equal to)

La instrucción LEQ, es utilizada para comprobar si un valor es menor que o igual a un segundo valor



Instruction	Relationship of Source Values	Resulting Rung State
LEQ	$A > B$	false
	$A \leq B$	true

Figura 2. 28 Instrucción LEQ.

Fuente: Instruction Set Reference Manual Micrologix 1100.

2.9.4. Instrucciones matemáticas

Use estas instrucciones de salida para realizar cálculos utilizando una expresión o una instrucción aritmética específica.

Instruction	Used To:
ADD - Add	Add two values
SUB - Subtract	Subtract two values
MUL - Multiply	Multiply two values
DIV - Divide	Divide one value by another
NEG - Negate	Change the sign of the source value and place it in the destination
CLR - Clear	Set all bits of a word to zero
ABS - Absolute Value	Find the absolute value of the source value
SQR - Square Root	Find the square root of a value
SCL - Scale	Scale a value
SCP - Scale with Parameters	Scale a value to a range determined by creating a linear relationship

Figura 2. 29 Instrucciones matemáticas.
Fuente: Instruction Set Reference Manual MicroLogix 1100.

2.9.4.1. Usando las instrucciones matemáticas.⁸

La mayoría de las instrucciones matemáticas utilizan tres parámetros origen A, origen B, y destino, además de otros parámetros, que se muestran más adelante, la operación matemática se lleva a cabo utilizando los valores de origen, y el resultado se almacena en el destino.

Al utilizar las instrucciones matemáticas se debe considerar lo siguiente.

- Origen y destino pueden ser de datos de tamaños diferentes. Los orígenes son evaluados con la mayor precisión (palabra o palabra larga). A continuación, el resultado se convierte en el tamaño del destino. Si el valor con signo del origen no cabe en el destino, el desbordamiento se tramitarán de la siguiente manera:

Si el bit de desbordamiento matemáticas es evidente, un resultado saturado se almacena en el destino. Si el origen es positivo, el destino es 32767 (palabra) o

⁸ Allen Bradley, Instruction Set Reference Manual, Micrologix 1100 Cap. 10

2147483647 (palabra larga). Si el resultado es negativo, el destino es -32768 (palabra) o -2147483648 (palabra larga).

- Si el desbordamiento del Bit de selección se establece, el valor sin signo truncado del origen se almacena en el destino.
- Las fuentes pueden ser constantes o una dirección, pero ambas fuentes no pueden ser constantes.
- Constantes válidas son -32768 a 32767(palabra) y -2.147.483.648 a 2.147.483.647 (palabra larga).

2.9.4.2. Escalado con parámetros (SCP ScaleWithParameters)

La instrucción SCP, o escalado con parámetros, produce un valor de salida escalado que tiene una relación lineal entre la entrada y los valores de escala.

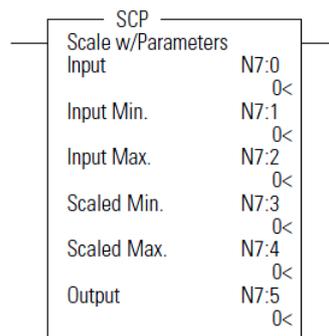


Figura 2. 30 Instrucción SCP escalado con parámetros.
Fuente: Instruction Set Reference Manual Micrologix 1100.

Esta instrucción resuelve la ecuación 2.1.

$$y = \left[\frac{(y_1 - y_0)}{(x_1 - x_0)} \right] (x - x_0) + y_0 \quad (2.1)$$

Consideraciones especiales al utilizar parámetros de coma flotante

Si $y_1 - y_0$ o $x_1 - x_0$, resulta en un desbordamiento, entonces el resultado es – NAN.

Otras consideraciones que se deben tomar en cuenta son:

Si $y_1 - y_0 = 0$, el resultado se convierte en el valor de inicio en escala

Si $x_1 - x_0$ y $x = x_0$, el resultado se convierte en el valor de inicio en escala.

Si $x_1 - x_0 = 0$ y x no es igual a x_0 , El resultado se convierte en un desbordamiento negativo (para valores enteros) o en negativo NAN (para valores de punto flotante).

2.10. Software

Algunos de los software empleados para la realización del presente proyecto se detallan en párrafos siguientes.

2.10.1. RSLinx Classic⁹

RSLinx Classic de Allen-Bradley proporciona acceso del controlador programable a una amplia variedad de aplicaciones de Rockwell Software y de Allen-Bradley,

Permite que el controlador programable Allen Bradley acceda a una amplia variedad de aplicaciones de Rockwell Software y Allen Bradley, entre estas aplicaciones se incluyen desde aplicaciones de configuración y programación tales como RSLogix, y aplicaciones HMI (interfaz operador máquina).

RSLinx Classic es un servidor compatible con OPC Data Access y un servidor DDE.

2.10.2. Descripción detallada del RSLinx.

Cuando se inicia el RSLinx Classic, aparece la ventana de la aplicación RSLinx Classic de Rockwell Software. Esta ventana contiene una barra de título, una barra de menús, una barra de herramientas, el área de trabajo de la aplicación donde se muestran las ventanas secundarias abiertas (RSWho, diagnóstico etc.)

⁹ Rslinx Classic, User Manual

y una barra de estado, debido a que la mayoría de elementos del programa RSLogix, se asemejan al resto de programas, se detallará únicamente la barra de herramientas.

La barra de herramientas contiene accesos directos a varias de las funciones más utilizadas de RSLinx Classic, cada botón de la barra de herramientas es una representación gráfica de un comando como se observa en la figura 2.31 al que también se puede acceder desde la barra de menús de RSLinx Classic.



Figura 2. 31 Barra de herramientas RSLinx.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Los mismos que representan:

Icono	Selección del menú	Descripción
	Archivo > Abrir proyecto	Muestra los proyectos definidos actualmente y permite abrir un proyecto DDE/OPC.
	Comunicaciones > RSWho	Abre una instancia adicional de RSWho (cada vez que abre RSLinx Classic, se abre una instancia de forma predeterminada).
	Comunicaciones > Configurar controladores	Muestra los controladores de software RSLinx Classic configurados actualmente y permite agregar controladores adicionales para usar con el dispositivo de hardware.
	Comunicaciones > Diagnósticos del controlador	Muestra una lista de controladores actualmente configurados y ofrece la posibilidad de ver información de diagnóstico para cada controlador.
	Editar > Copiar vínculo DDE/OPC	Permite crear un vínculo DDE/OPC entre RSLinx Classic y una aplicación cliente como Microsoft Excel.
	DDE/OPC > Configuración del tema	Permite crear y modificar un tema DDE/OPC, que es una ruta específica a un procesador.
	Ayuda > ¿Qué es esto?	Cambia el cursor a una flecha y un signo de interrogación para indicar que se ha seleccionado ¿Qué es esto? (modo de ayuda). Haga clic en cualquier ítem de la pantalla para ver el texto de ayuda referente a ese ítem y salir de ¿Qué es esto? (modo de ayuda).

Figura 2. 32 Detalle barra de herramientas.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

2.10.3. RSLogix500¹⁰

RSLogix 500 es el software destinado a la creación de los programas del autómatas en lenguaje de esquema de contactos o también llamado lógica de escalera (*Ladder*). Incluye editor de *Ladder* y verificador de proyectos (creación de una lista de errores) entre otras opciones. Este producto se ha desarrollado para funcionar en los sistemas operativos Windows®.

Existen diferentes menús de trabajo (en el entorno de RSLogix 500, a continuación se hace una pequeña explicación de los mismos:

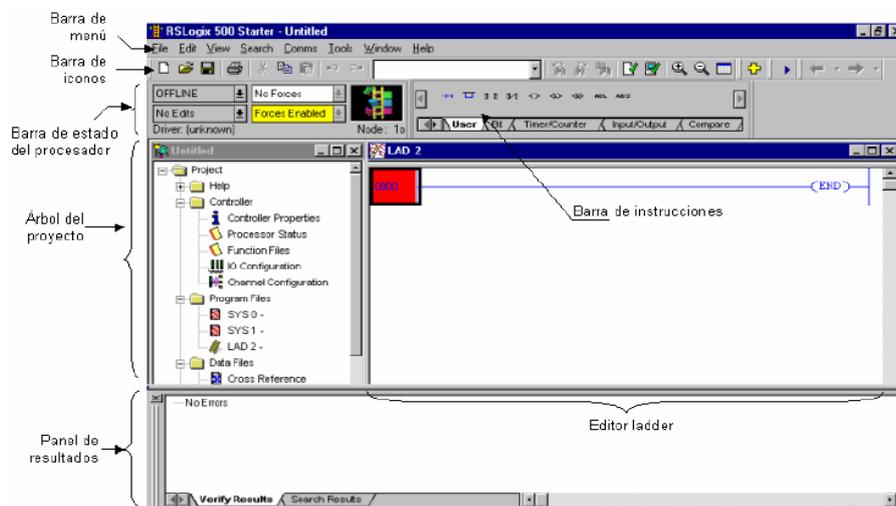


Figura 2. 33 Ventana RSLogix 500.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: autor del proyecto.

- **Barra de menú:** permite realizar diferentes funciones como recuperar o guardar programas, opciones de ayuda, etc. Es decir, las funciones elementales de cualquier software actual.
- **Barra de iconos:** engloba las funciones de uso más repetido en el desarrollo de los programas.
- **Barra de estado del procesador:** Permite visualizar y modificar el modo de trabajo del procesador (*online*, *offline*, *program*, *remote*), cargar y/o descargar programas (upload/download program), así como visualizar el controlador utilizado (*Ethernet drive* incorporado en este PLC).

¹⁰ RSLogix500 User Manual.

2.10.4. Top Server¹¹

Es una aplicación que proporciona los medios para traer datos e información de una amplia gama de productos industriales, este software se lo clasifica bajo la categoría de servidores. Dentro de la instalación de TOPSERVER se tiene una amplia variedad de drivers para distintos equipos comerciales dentro de los cuales se encuentran los drivers para la serie de los MicroLogix 1100 de la familia Allen Bradley. Una vez instalado el software se procede a la configuración del programa para la adquisición de la información del PLC MicroLogix 1100.

Con OPC se pueden intercambiar datos a través de una interfaz común entre dispositivos de hardware y aplicaciones de software desarrolladas por una variedad de fabricantes. La tecnología de Windows y OPC hacen posible la combinación de hardware de control programable y software sin la necesidad de drivers especiales.

OPC representa un complemento importante en las actividades relacionadas con buses de campo. El propósito principal de la estandarización en el sector de los buses de campo es la transferencia de datos de forma rápida y fiable.

OPC estandariza la comunicación de tal modo que cualquier servidor OPC y cualquier aplicación OPC pueden trabajar juntos sin ningún problema

2.10.5. Labview¹²

LabVIEW es el acrónimo de Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench. Es un lenguaje y a la vez un entorno de programación gráfica en el que se puede crear aplicaciones de una forma rápida y sencilla.

National Instruments es la empresa desarrolladora y propietaria de *LabVIEW*, comenzó en 1976 en AUSTIN, Texas y sus primeros productos eran dispositivos para el BUS de instrumentación GPIB.

¹¹ Top Server, User Guide

¹² Labview, (2007) "Entorno grafico de programación", Lajara. P.

2.10.4.1. Entorno

LabVIEW, es una herramienta de programación gráfica. Originalmente este programa estaba orientado a aplicaciones de control de instrumentos electrónicos usadas en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual.

Por este motivo los programas creados en *LabVIEW* se guardarán en ficheros llamados VI, y con la misma extensión.

También relacionado con este concepto se da nombre a sus dos ventanas principales: un instrumento real tendrá un *Panel Frontal*, donde estarán sus botones, pantallas, etc. Y una circuitería interna. En *LabVIEW* estas partes reciben el nombre de Panel Frontal y Diagrama de Bloques respectivamente.

- Panel Frontal.- Es la parte que verá el usuario, suele tener fondo gris.

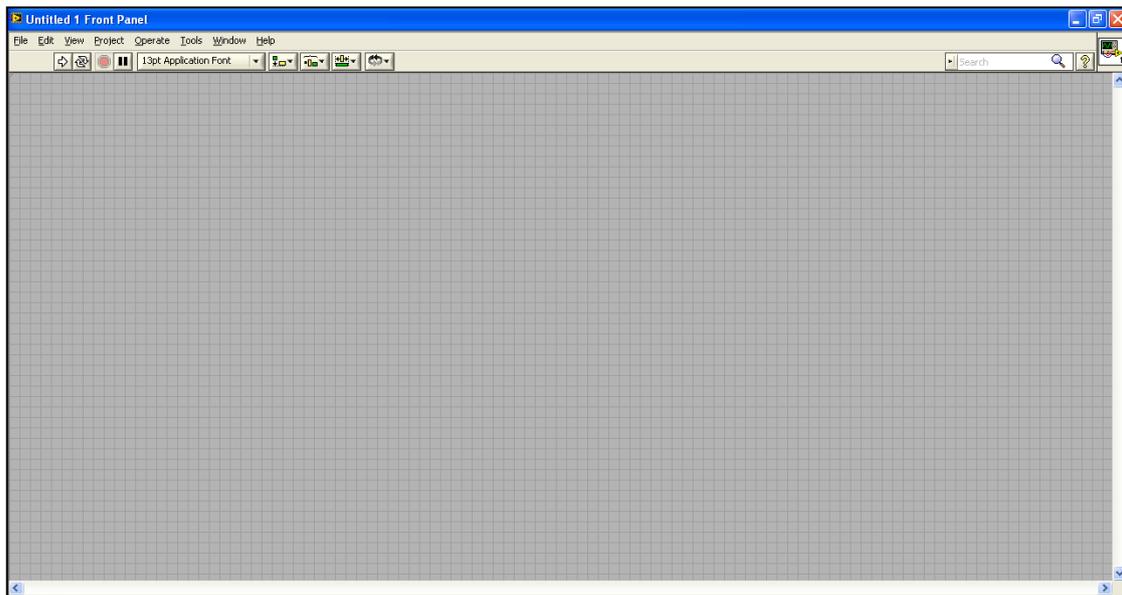


Figura 2. 34 Ventana Panel Frontal LabVIEW.

Fuente: LabVIEW 2010.

Elaborado por: Autor del proyecto.

- Diagrama de bloques.- es donde se realiza la programación y suele tener fondo blanco.

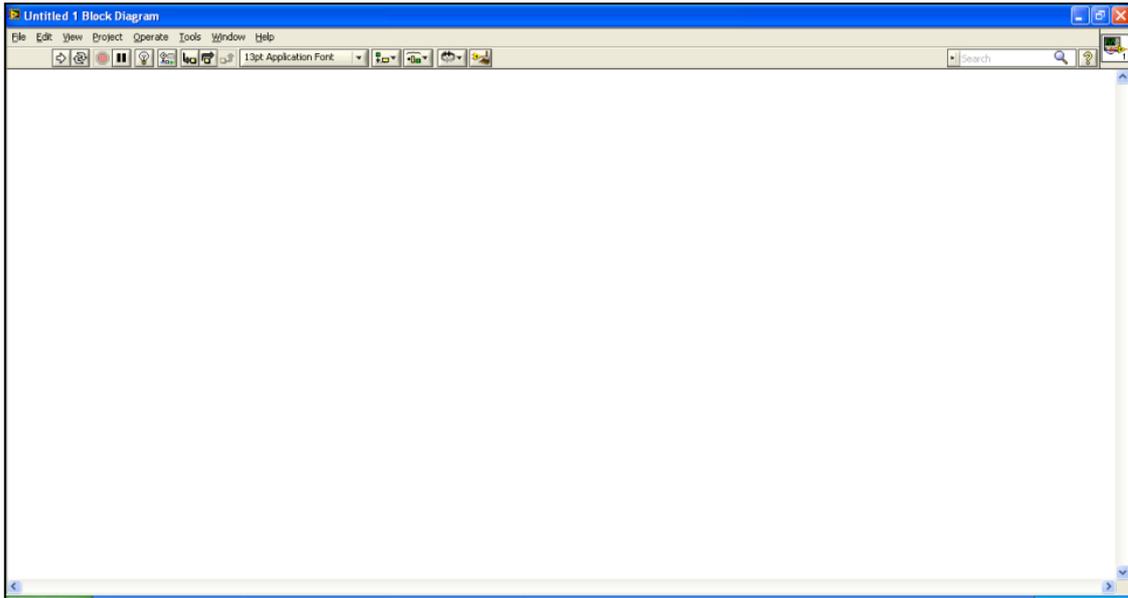


Figura 2. 35 Ventana Diagrama de Bloques LabVIEW.

Fuente: LabVIEW 2010.

Elaborado por: Autor del proyecto.

El Panel Frontal y el Diagrama de bloques están conectados a través de los terminales, que son los elementos que sirven como entradas o salidas de datos. De la misma forma que un indicador luminoso de la carátula de un instrumento está representado como un diodo en la circuitería interna, en un programa en LabVIEW ese mismo indicador luminoso estará representado en el diagrama de bloques como una salida de tipo booleano sobre el cual se puede escribir un valor

En la parte superior de estas ventanas se sitúa una barra con varias herramientas. En el diagrama de bloques esta barra tiene algunas opciones más.



Figura 2. 36 Barra de Herramientas Panel Frontal LabVIEW.

Fuente: LabVIEW 2010.

Elaborado por: Autor del proyecto.



Figura 2. 37 Barra de Herramientas Diagrama de Bloques LabVIEW.

Fuente: LabVIEW 2010.

Elaborado por: Autor del proyecto.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Preliminares

En el laboratorio de Instrumentación Virtual del ITSA existe una estación de nivel de líquidos marca *DEGEM*[®] *SYSTEMS*, la misma que cuenta con una bomba de agua, para la alimentación y llenado del tanque, una electroválvula a la salida del tanque para el desalojo del agua, un sensor de nivel de ultrasonido, el mismo que se utilizó para el control del nivel en el presente trabajo, además de otras características, que para las aplicaciones del presente trabajo no se requieren.



Fotografía 3. 1 Estación de Nivel de Líquido.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

En la estación antes mencionada se empleó el PLC MicroLogix 1100 de la marca Allen Bradley, para tener el monitoreo y control nivel del líquido, mediante el HMI.

3.2. Diseño e implementación del sistema

Para la realización del HMI, se empleó principalmente un PLC Micrologix1100, de la marca Allen Bradley, y el módulo de expansión de entradas analógicas 1762 IF2OF2, los cuales deben estar correctamente conectados, la conexión se la debe realizar con el PLC apagado.



Fotografía 3. 2 Conexión del PLC con módulo de expansión.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Para las conexiones de los elementos de la estación, se cuenta con una placa, desde la cual se accionan dichos elementos.



Fotografía 3. 3 Placa de conexión de la estación de nivel.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Para el accionamiento de los elementos de la estación, se presenta la siguiente configuración.

Tabla 3. 1 Entradas de la estación.

Bomba	1L
Válvula	0L
Niquelina	1L
Ventilador	1L

Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

El nivel del líquido es medido, mediante un sensor de nivel ultrasónico, con salida de señal de corriente.

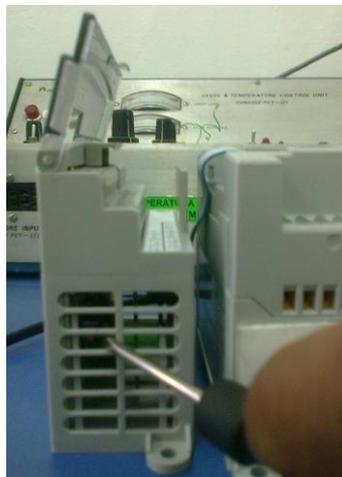


Fotografía 3. 4 Sensor de Nivel Ultrasónico.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Para lo cual el switch del canal cero del módulo de expansión debe estar colocado en *ON*, como se detalló en el apartado 2.8.



Fotografía 3. 5 Cambio de posición del Switch del módulo de expansión.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

La conexión del sensor al módulo de expansión, se realizó de la siguiente manera, la salida positiva del sensor, se conecta a la entrada positiva del módulo del canal cero es decir a la entrada *INO (+)*, mientras que la entrada negativa del módulo de expansión *INO (-)*, se conecta al negativo general de la estación.



Fotografía 3. 6 Conexión sensor ultrasónico.

Fuente: Investigación de campo.

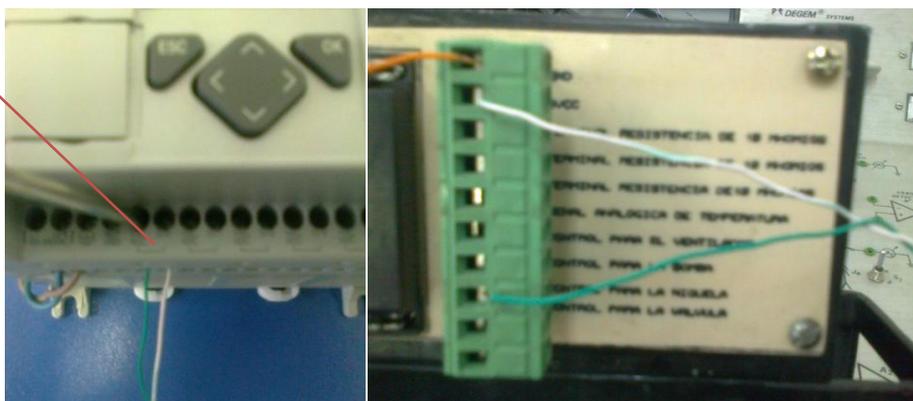
Elaborado por: Autor del proyecto.

Se empleó dos salidas del PLC, una para accionar la bomba, y la otra para accionar la electroválvula, en este caso se empleó las salidas 0 y la salida 1, respectivamente, las conexiones se las realizó con la ayuda del módulo propio del banco, con una placa existente

- Conexión de la bomba.

Para la conexión de la bomba, como se mencionó anteriormente, se empleó la salida del PLC O: 0/0, y al accionarse la bomba con 1L, se conectó a Vcc, cerrando el circuito.

O: 0/0



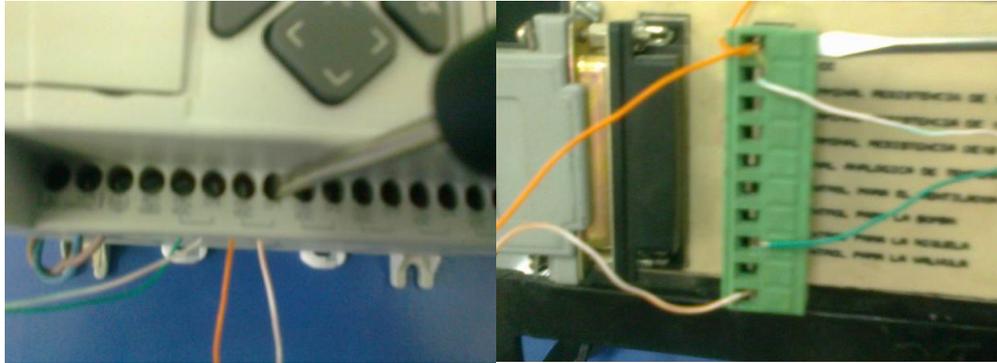
Fotografía 3. 7 Conexión de la bomba.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

- Conexión de la electroválvula.

Para la conexión de la electroválvula, se empleó la salida del PLC O:0/1, y con la lógica de activación, 0L, se procedió a la conexión.



Fotografía 3. 8 Conexión de la electroválvula.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

3.3. Comunicación del PLC con la PC.

Para iniciar con el desarrollo del proyecto, primeramente se realizó la comunicación del PLC con la PC, para ello se empleó el software RSLinx Classic, el cual se detalló en el apartado 2.10.1.

Abrir el programa, RSLinx Classic observando la ventana de la figura 3.1

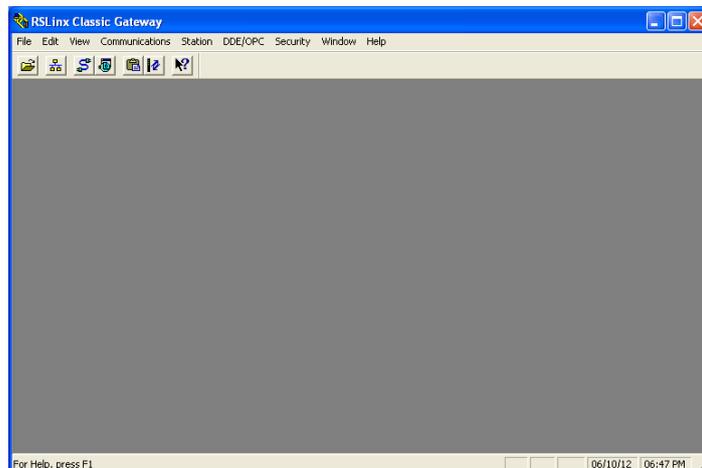


Figura 3. 1 Ventana RSLinxClassic.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

En la barra de menús del RSLinx Classic, se empleó la función RSWho, para verificar las conexiones existentes de algún PLC.

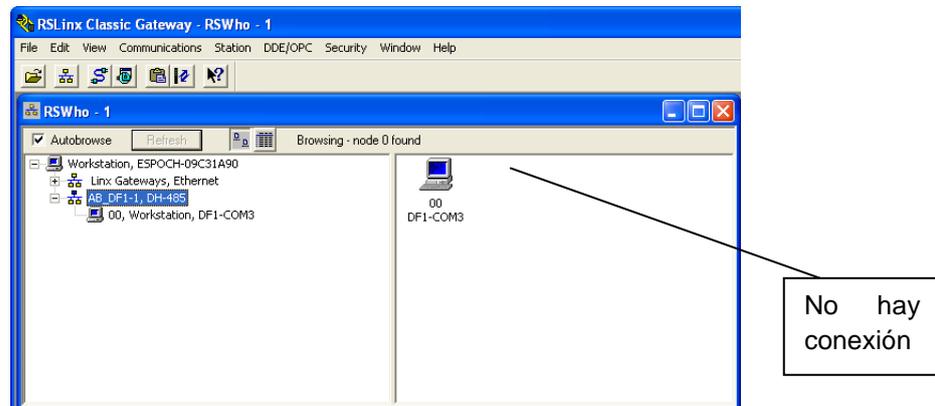


Figura 3. 2 Ventana del RSWho.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Como se puede apreciar en la figura 3.2 en la parte derecha de la ventana del RSWho no existe la conexión de ningún PLC, ya que no se observa el icono de un PLC.

3.4. Configuración Del RSLinx Classic

Para la configuración del RSLinx Classic, en la barra de menús, y en Communications, se seleccionó Configure drivers.



Figura 3. 3 Configuración RSLinx Classic.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Una vez abierta la ventana de configure drivers, que se ilustra en la figura 3.3.a, se seleccionó el tipo de comunicación, que en este caso RS-232DF1.

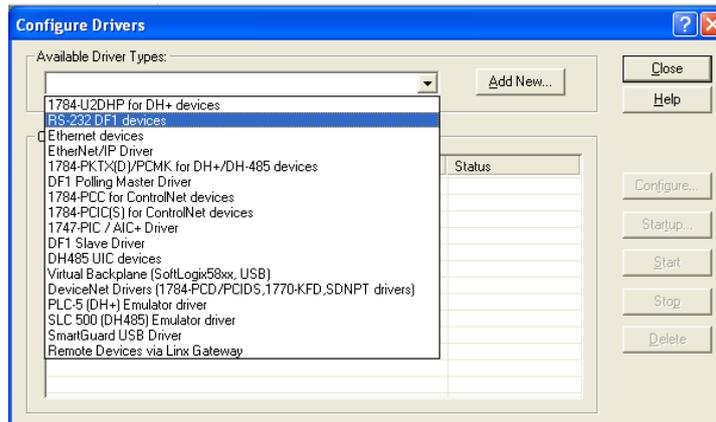


Figura 3. 3. a Configuración RSLinx Classic.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Para añadir una nueva configuración Add New, y se muestra la ventana de la figura 3.3.b

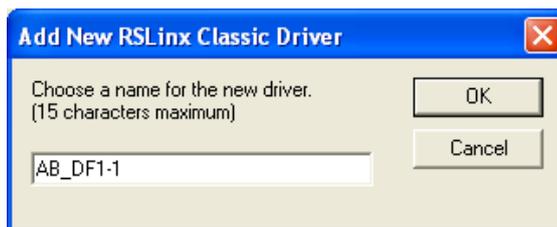


Figura 3. 3. b Configuración RSLinx Classic.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Se conservó el nombre por defecto de la nueva configuración, y se realizó la configuración, general de la comunicación de RS-232, como el puerto, device, el Error Checking, como se ilustra en la figura 3.3.c.

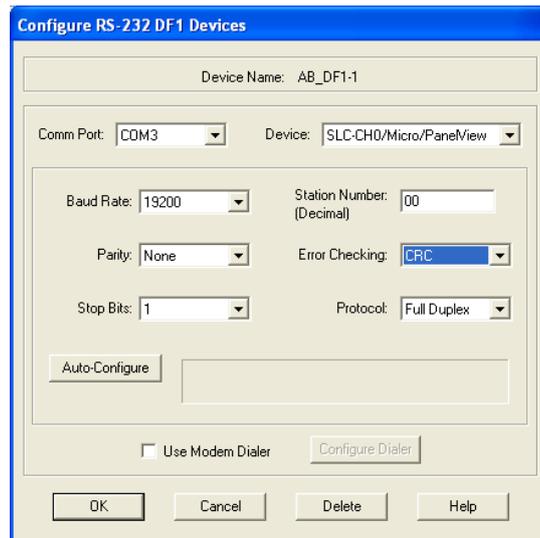


Figura 3. 3. c Configuración RSLinx Classic.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Una vez introducidos los valores, se seleccionó Auto Configure, e inmediatamente, se pudo apreciar Auto Configuration Successfull, en caso en que el mensaje tarde en aparecer varios segundos, la comunicación no se origina.

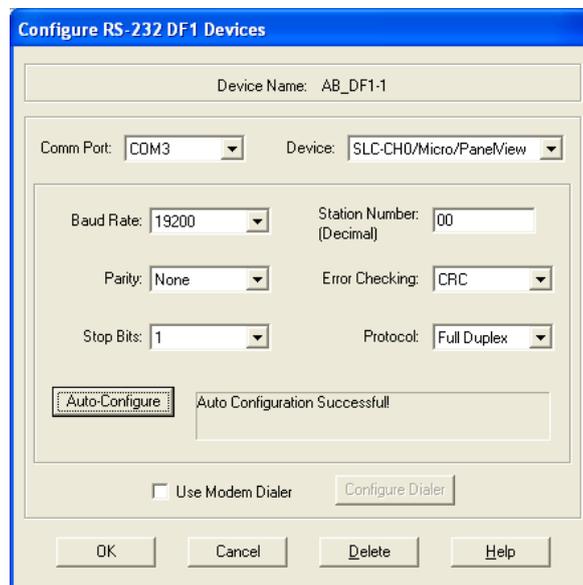


Figura 3. 3. d Configuración RSLinx Classic.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Se pudo apreciar, como se establecio la comunicación.

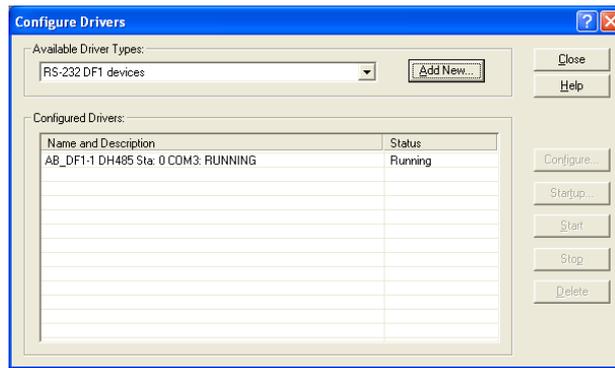


Figura 3. 3. e Configuración RSLinx Classic.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

En la barra de herramientas en RSWho, se aprecia como el PLC es reconocido, y se ha establecido la comunicación.

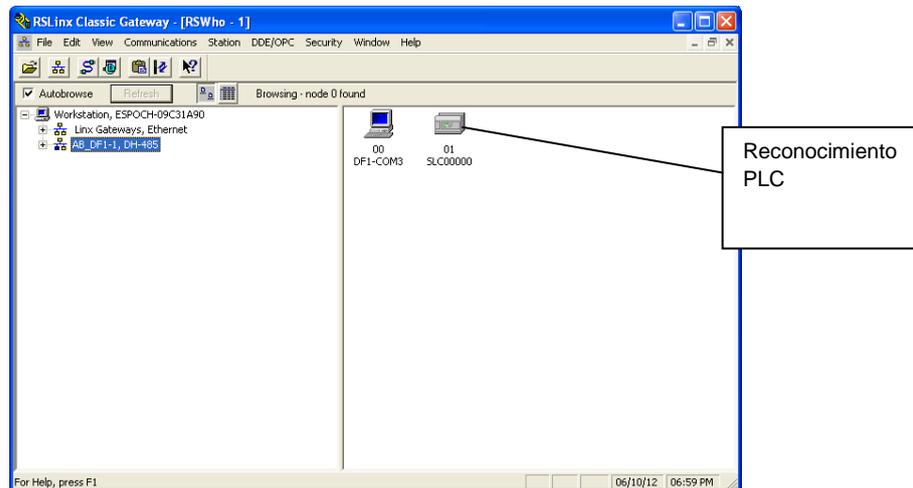


Figura 3. 3. f Configuración RSLinx Classic.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

3.5. Configuración del RSLogix 500

Una vez establecida la comunicación con el PLC, se procedió a abrir el software de programación, RSLogix500, para lo cual se abrió RSLogix500.



Figura 3. 4 Ventana principal RSLogix 500.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Se creó una nueva hoja de programación, al crear un nuevo proyecto, el software pide seleccionar el tipo de procesador del PLC, en el caso del PLC empleado es el Bul. 1763 MicroLogix 1100 Serie B, se selecciona el indicado.

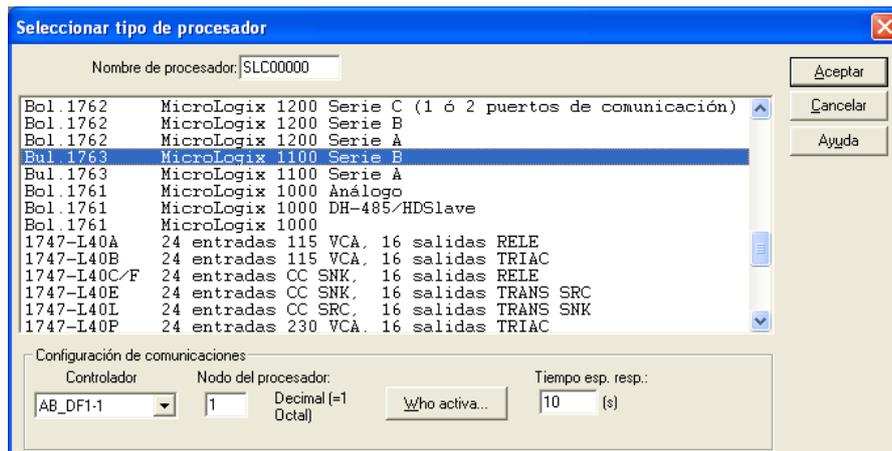


Figura 3. 5 Seleccionar tipo de procesador.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Una vez que se seleccionó el procesador, se pudo apreciar la ventana principal del RSLogix500, como se muestra en la figura 3.6.

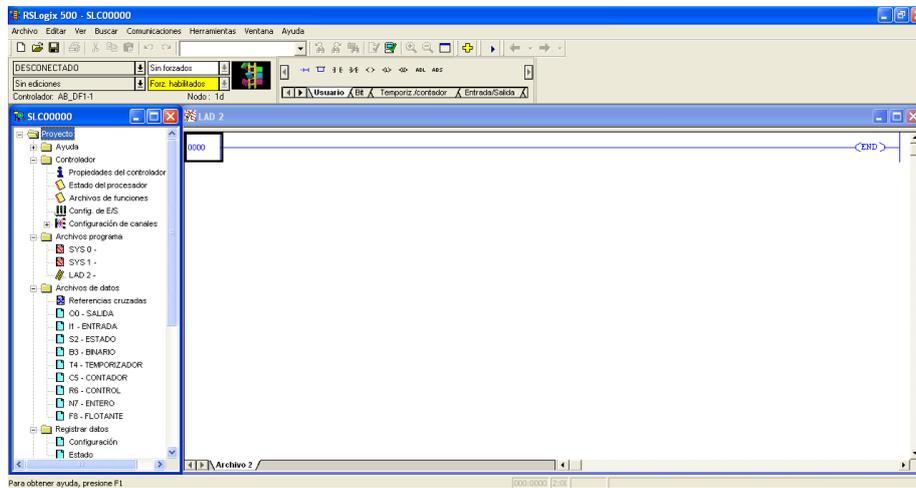


Figura 3. 6 Ventana principal RSLogix500.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

3.6. Configuración del módulo de expansión.

Para la configuración del módulo de expansión, se seleccionó configuración de entradas y salidas, ubicada en la parte izquierda de la ventana del RSLogix500



Figura 3. 7 Configuración del módulo de expansión.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

En la ventana configuración de E/S que se ilustra en la figura 3.7.a, se procedió a leer la configuración de entradas y salidas.

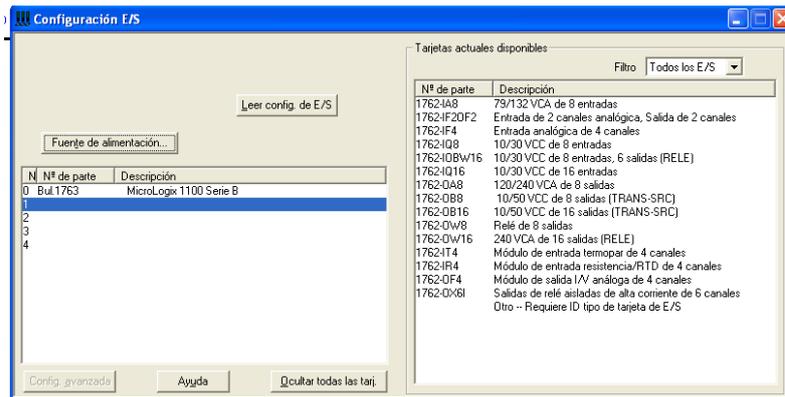


Figura 3.7. a Configuración del módulo de expansión.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Se configuró el tipo de comunicación que el módulo de expansión va a tener, en este caso es DF1-1, y nuevamente se seleccionó leer configuración de E/S.

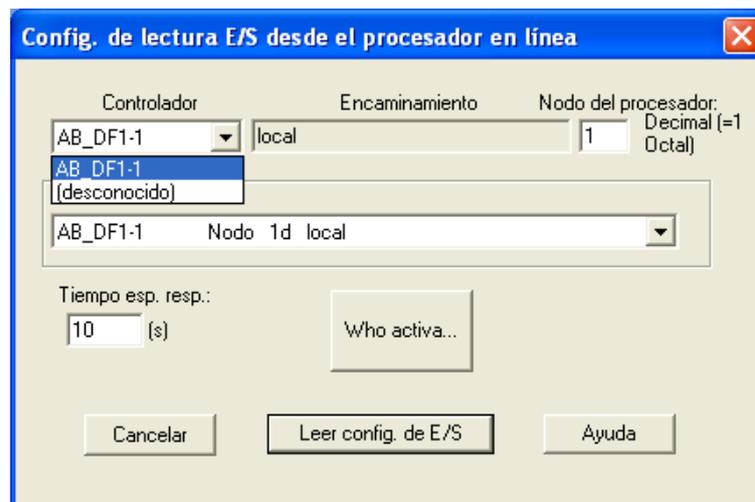


Figura 3.7. b Configuración del módulo de expansión.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Inmediatamente en la pantalla inicial de configuración de E/S, se mostró el módulo de expansión que se va a utilizar, que en este caso es la 1762IF2OF2, de dos canales analógicos, de entrada y de salida.

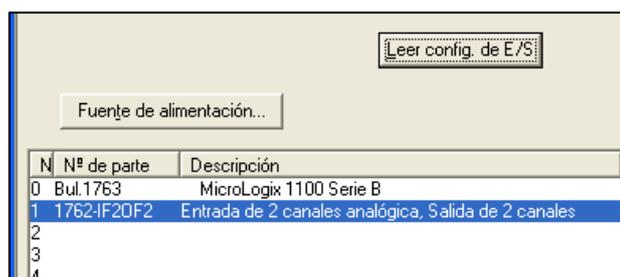


Figura 3. 7. c Configuración del módulo de expansión.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Cuando ya se encontró reconocido el módulo de expansión, se tiene que considerar el tipo de señal del sensor que se va a emplear, que en este caso es un sensor de ultrasonido, que tiene una salida de señal de corriente.

Para la configuración del tipo de señal, con la cual el PLC, y el módulo va a trabajar, se seleccionó el tipo de módulo de expansión, mostrándose la ventana de la figura 3.7.d

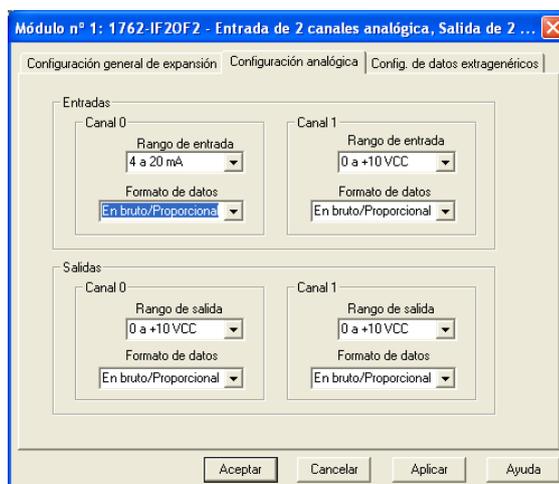


Figura 3. 7. d Configuración del módulo de expansión.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Se configura el módulo de expansión considerando que el control que se va a realizar es de dos pasos, es decir on / off, y se utilizó únicamente un sensor, para lo cual se configura únicamente el canal 0.

Y de ésta forma el módulo de expansión se encontró listo para la realización de las conexiones correspondientes.

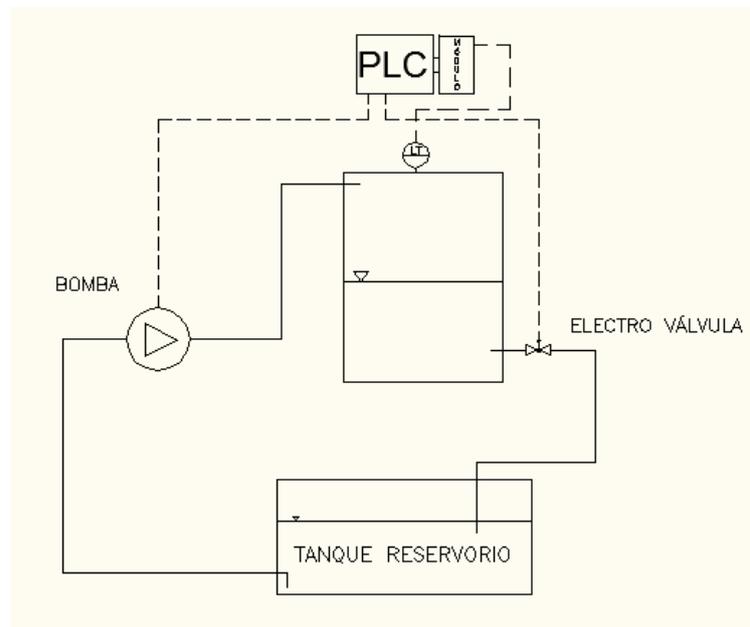
3.7. Desarrollo de la programación.

El objetivo del presente proyecto, es apreciar el nivel de un líquido por medio de un HMI, para lo cual se realizaron los siguientes pasos:

- Programación del PLC.
- Programación del servidor TOP SERVER
- Programación del HMI, en LabVIEW

3.5.1. Programación del PLC

La variable a medir (nivel), se realiza a través del sensor de nivel ultrasónico, el cual emite una señal, que es receptada por la entrada analógica del módulo, conectado al PLC, el cual procesa la señal de acuerdo a la programación, y dependiendo cual sea el caso, si el nivel de líquido disminuye, se acciona una bomba que alimenta de líquido el tanque, y si el nivel de líquido sobrepasa el nivel deseado, se acciona una electroválvula, desfogando el líquido.



Esquema 3. 1 Diagrama de funcionamiento.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Para el desarrollo de la programación del PLC, se empleó el Software RSLogix500, detallado en el apartado 2.10.3.

Para la adquisición de la señal en el módulo, se utilizó una entrada, la cual es direccionada según el apartado 2.8.2.

En este caso, se utilizó dos salidas del PLC, las cuales son direccionadas de acuerdo al apartado 2.7.2.1

Como se utilizaron una entrada y dos salidas, se tiene.

Tabla 3. 2 Entradas y salidas del PLC y del Módulo de expansión.

Entrada de señal analógica	I:1.0
Salida Bomba	O:0.0
Salida Electroválvula	O:0.1

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Además dentro de la programación, se utilizan variables internas de tipo flotante las cuales son:

Tabla 3. 3 Variables empleadas en la programación.

F8:0	Variable medida
F8:1	Variable interna
F8:2	PV
F8:3	SP
F8:4	Histéresis
F8:5	Variable interna
F8:6	Variable interna

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Para la adquisición de la señal proveniente del sensor de nivel, se emplea de la barra de instrucciones del RSLogix 500 la operación matemática MOV, detallada en el apartado 2.9.2.

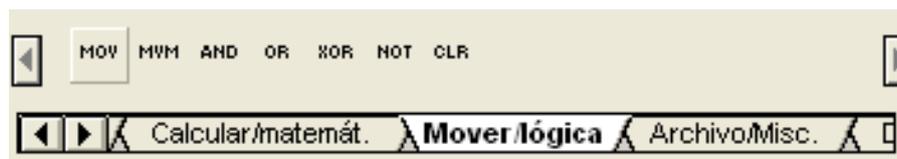


Figura 3. 8 Barra de instrucciones Mover/Lógica.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

En la cual como origen se tiene la entrada 0 del módulo de expansión I: 1.0, y es direccionada a una variable de punto flotante F8:0

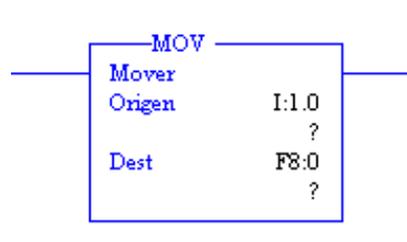


Figura 3. 9 Move instruction.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

3.5.1.1. Escalado

Debido a que el PLC empleado, trabaja con Word, es decir 32768, este se debe expresar en términos los cuales sean usuales y fáciles de interpretar, de acuerdo a las unidades que se deseen monitorear, que en este caso son cm de agua.

Para el escalado se consideró la mirilla del tanque de agua, que varía desde 5cm de agua hasta 20cm de agua, tomados como mínimo y máximo respectivamente.

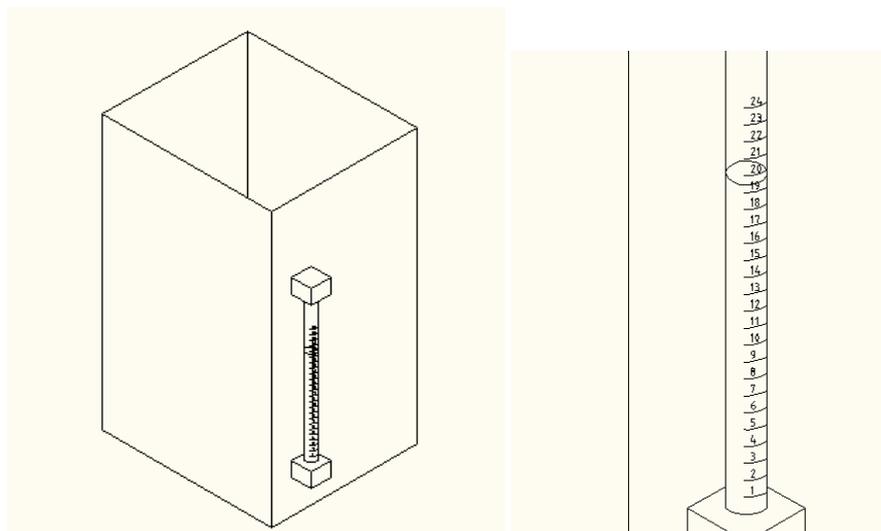


Figura 3. 10 Mirilla de medición de nivel.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

La ecuación que se utilizó para el escalado de la variable, es:

$$y = mx + b, \quad \text{ec 3. 1}$$

Considerando los valores:

Tabla 3. 4 Relación de linealización.

5 cm	6553
20 cm	32767

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Valores tomados directamente del sensor,

Desarrollo

$$y = mx + b$$

$$5 = m6553 + b \quad (-1)$$

$$20 = m32767 + b$$

$$15 = m26214$$

$$m = 5.772 \times 10^{-4}$$

Reemplazando

$$\frac{5}{(5.772 \times 10^{-4}) \times 6553} = b$$

$$b = 1.33$$

Con los valores calculados se procesa la variable, que se obtiene del sensor de nivel, empleando las operaciones matemáticas.

Como el valor que se quiso encontrar es la altura del agua expresada en cm, es decir “y” en la ecuación.

De acuerdo a la ecuación, se multiplica la variable medida, con el valor de “m” calculado anteriormente.

Como origen A se tiene la variable medida, F8:0, y como origen B, la constante $m=0,0005722133$

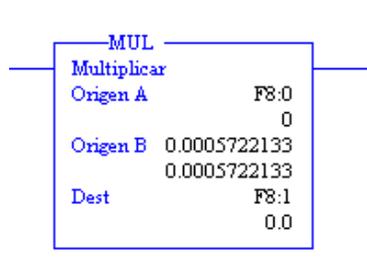


Figura 3. 11 Multiplicación de entrada con constante “m”.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Al producto, anteriormente obtenido, se le suma la constante “b=1.33”, siendo el resultado la altura del agua, es decir el PV (process value) que se la direcciona a la variable F8:2

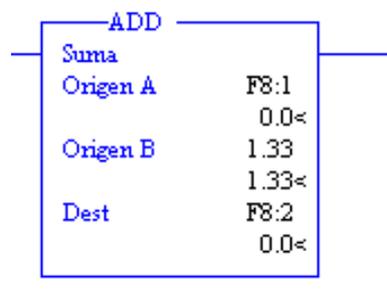


Figura 3. 12 Suma variable con constante “b”.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

3.5.1.2. Histéresis

Al valor de SP (set point), para evitar que ocurra un accionamiento puntual de los actuadores, se tiene un rango, el cual puede oscilar el PV (process value), manteniendo el nivel entre estos valores, los cuales se obtiene de la suma y de la resta del SP (set point).

Para el valor superior se suma al SP, con la variable de histéresis F8:4, y se la direcciona a la variable F8:5.

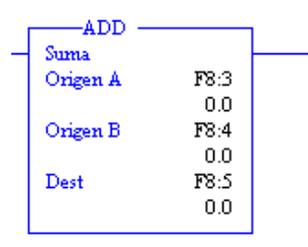


Figura 3. 13 Suma Set Point.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Para el valor inferior se resta al SP, con la variable de histéresis F8:4, y se la direcciona a la variable F8:6

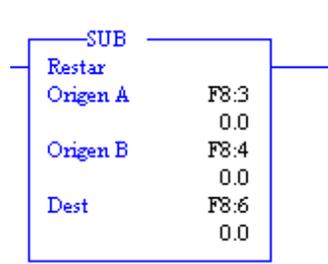


Figura 3. 14 Resta Set Point.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Ya con el valor superior e inferior de la Histéresis, se relaciona con el PV (process value), mediante las condiciones Menor que, y Mayor que.

Con la condición menor que, se compara el valor de la variable F8:2 con F8:6, activándose a cumplirse la condición, si **F8:2** en menor que **F8:6**.

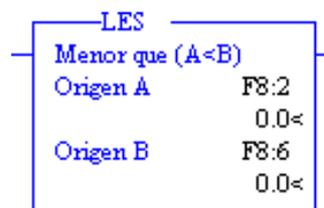


Figura 3. 15 Condición "menor que".
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Mientras que con la condición mayor que, se compara el valor de la variable F8:5, con F8:2, activándose al cumplirse la condición de que **F8:5** sea mayor que **F8:2**

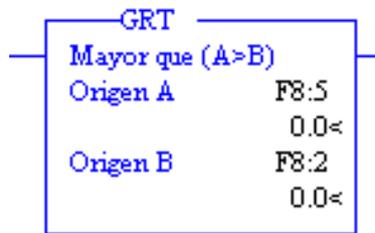


Figura 3. 16 Condición “mayor que”.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Activándose la salida O:0.0, al cumplirse las dos condiciones

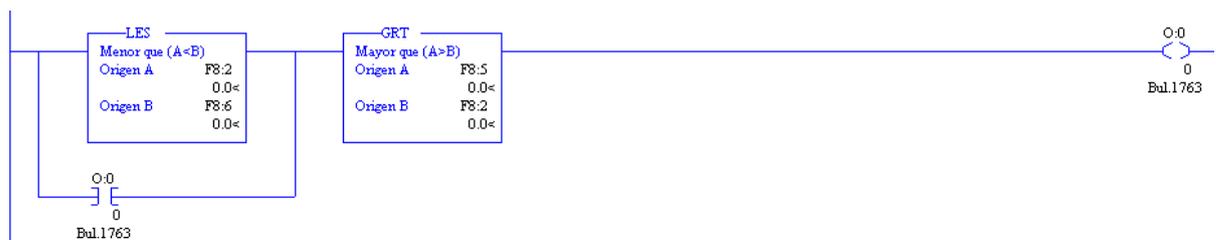


Figura 3. 17 Accionamiento de la salida O:0.0.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Con la activación de la salida O:0.0, se acciona la bomba, incrementándose el valor de PV, es decir F8:2.

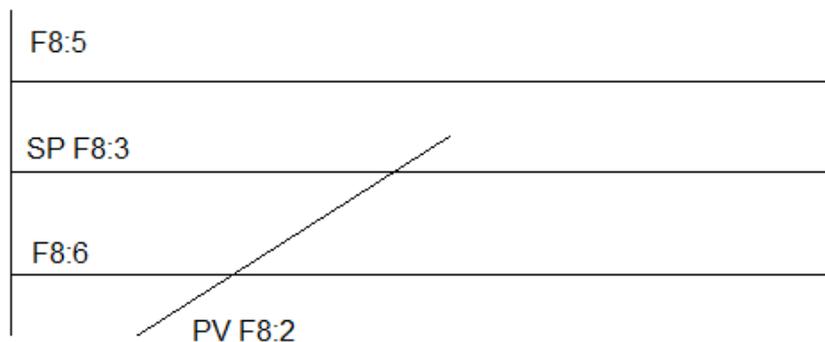


Figura 3. 18 Niveles de variables de proceso.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Y a la vez se acciona la salida, O:0.1, la cual acciona la válvula, cerrando la misma.

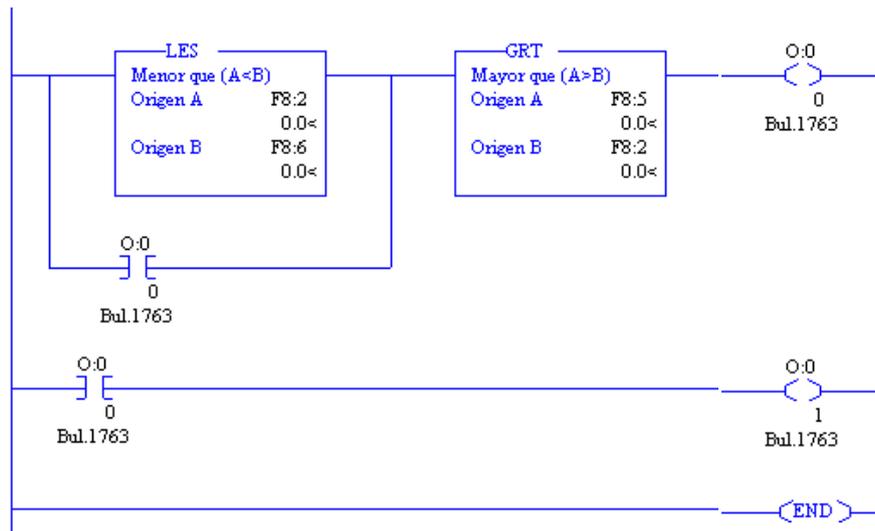


Figura 3. 19 Accionamiento de la electroválvula.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Al sobrepasar F8:2 a F8:6, deja de cumplirse la condición menor o igual que, para lo cual es necesario, colocar un enclavamiento en paralelo, empleando la misma salida O:0.0, y al momento de dejar de cumplirse las dos condiciones, se desactivan las dos salidas, manteniéndose en el bucle entre los valores superior e inferior.

Una vez terminada la programación, en la barra de iconos, del Software RSLogix 500, se compila la programación realizada.



Figura 3. 20 Barra de Iconos.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Y se verifica que en la parte inferior, de la ventana, aparezca el mensaje

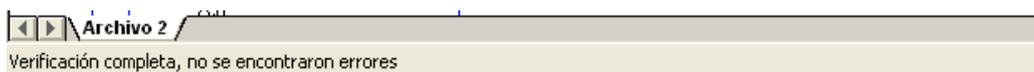


Figura 3. 21 Mensaje Compilación.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

3.5.1.3. Cargar el Programa en el PLC.

El programa ya compilado, se procedió a cargar al PLC, para lo cual, en la barra de estado del procesador, se selecciona descargar.

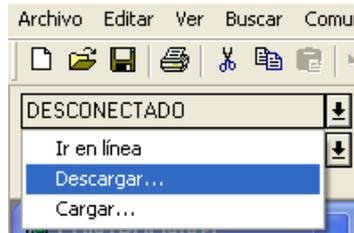


Figura 3. 22 Descargar programa.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Se presenta una ventana de confirmación, para descargar el programa en el PLC, se selecciona aceptar.

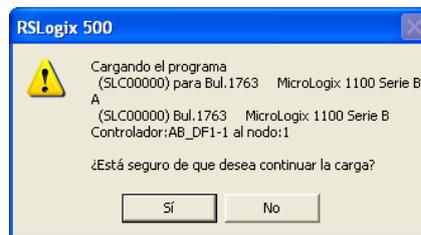


Figura 3. 23 Confirmación descarga de programa.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Y procede la descarga del programa al PLC.



Figura 3. 24 Descarga del programa al PLC.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Una vez terminada la descarga, el programa solicita confirmar ir a en Línea.



Figura 3. 25 Ir en Línea.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Se aceptó, y el programa se encontró listo, para la ejecución.

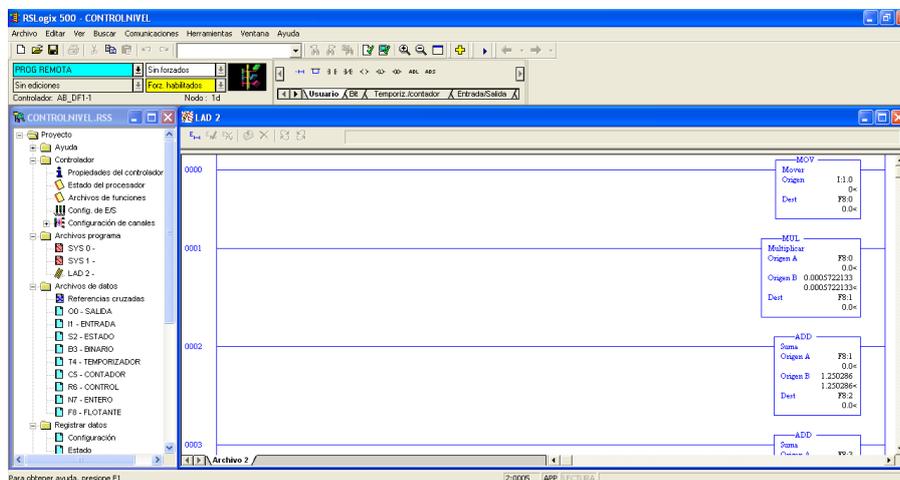


Figura 3. 26 Ventana RSLogix500 Programación remota.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Para el monitoreo del proceso, en la barra de estado del procesador, se selecciono ejecutar.

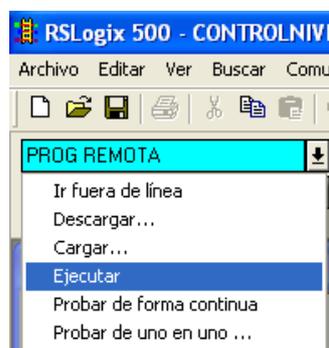


Figura 3. 27 Ejecutar Programa.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Y se presentó un mensaje de confirmación, para cambiar el modo del procesador al modo *MARCHA*.

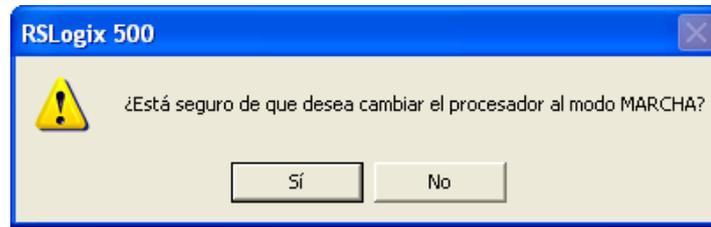


Figura 3. 28 Confirmación cambio de modo del procesador.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Se acepta, y empieza la monitorización del sistema.

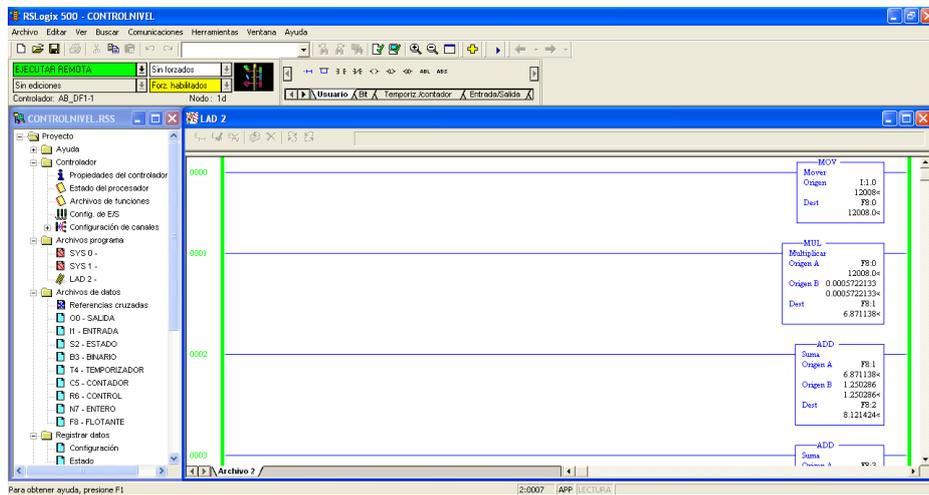


Figura 3. 29 Monitorización del Programa.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Observando de esta forma como la señal proveniente del sensor es adquirida.

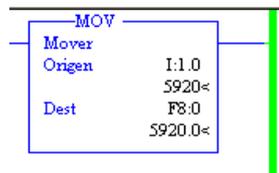


Figura 3. 30 Adquisición de la señal de sensor de nivel.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Para salir del modo EN MARCHA, en la barra de estado del procesador, se seleccionó, programa.



Figura 3. 31 Modo Programa.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

En el mensaje de confirmación se selecciona “sí”

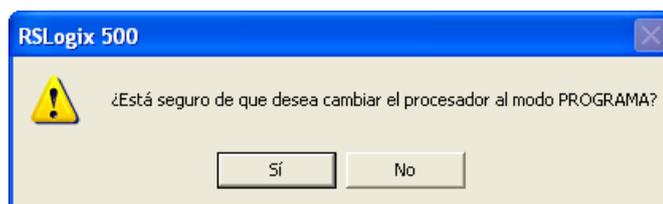


Figura 3. 32 Confirmación cambio procesador a modo marcha.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Y se deja de monitorear el programa.

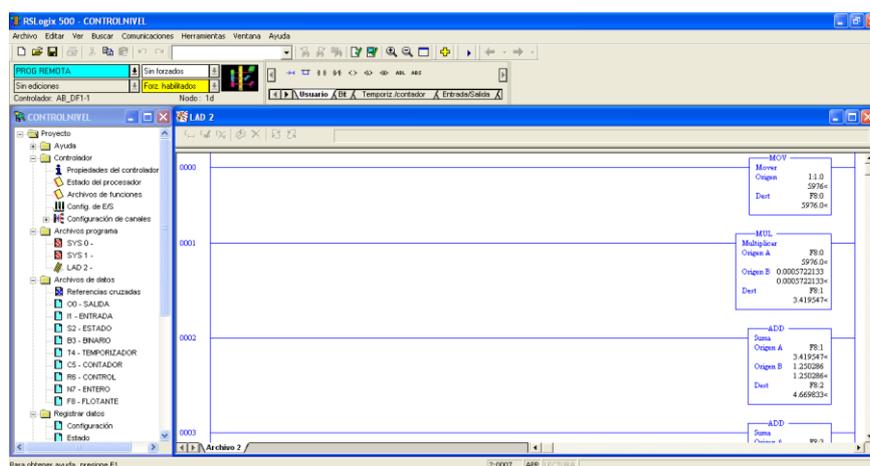


Figura 3. 33 Programación remota.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Y en la barra de estado del procesador, se seleccionó Ir a fuera de línea.



Figura 3. 34 Ir a fuera de línea.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Y el PLC, deja de adquirir la señal del sensor de nivel, se mantiene en Stand By.

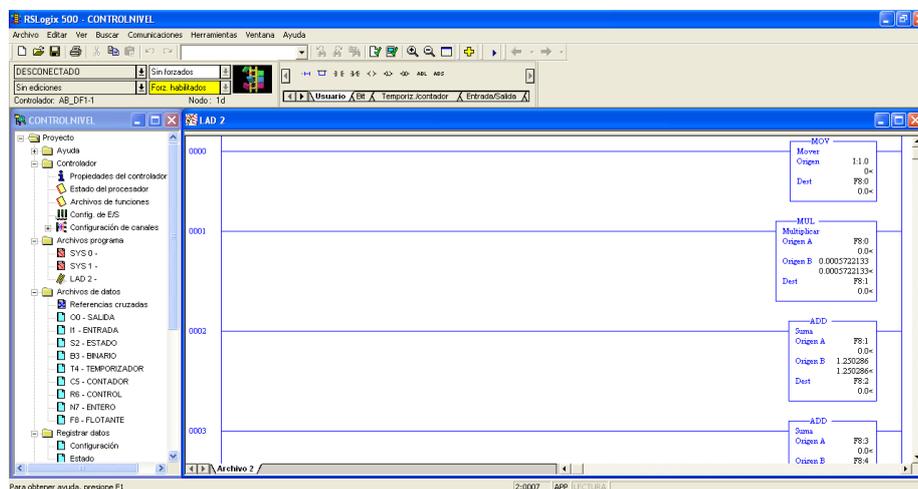


Figura 3. 35 Pantalla de Programación.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Al encontrarse la variable SP (set point), no definida, el valor considerado por el proceso es cero "0", al igual que el valor de la histéresis, por ello el sistema desfoga toda el agua del tanque hasta el nivel cero.

Para lograr un control sobre estas variables, se emplea el Servidor TopServer.

3.5.2. Programación del Servidor Top Server.

El proceso de programación del Top Server, está centrando en tres pasos secuenciales, los cuales son:

Creación de un canal.

En la ventana principal del TopServer, en la parte superior derecha se selecciona añadir un canal.

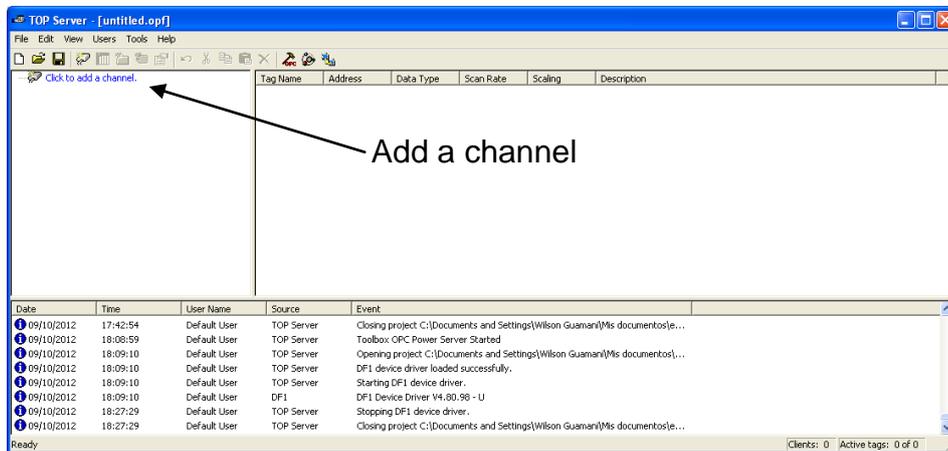


Figura 3. 36 Top Server Add a channel.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Se aprecia una ventana en la cual se asigna un nombre al canal, el mismo que puede ser intuitivo, en este caso el “Control Nivel”

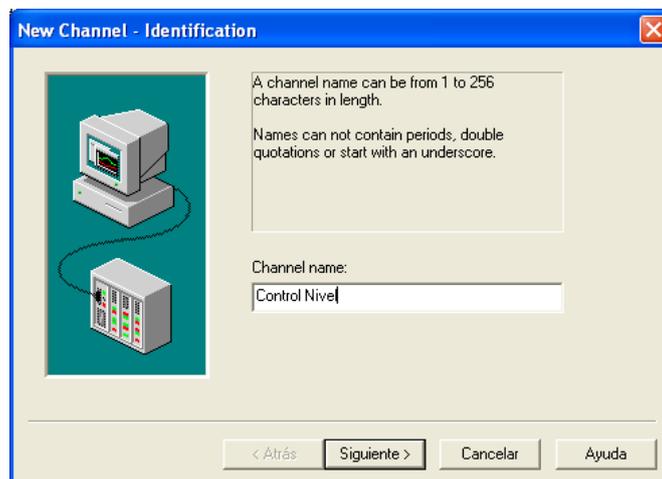


Figura 3. 37 New Channel Identification.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Continuando con la creación del nuevo canal se selecciona el tipo de Device Driver, en este caso se selecciona DF1, que es la comunicación, que tiene el PLC, RS232.



Figura 3. 38 New Channel Device Drive.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Se seleccionó el puerto, con el cual se realizó la comunicación, que para este caso es el puerto COM3.

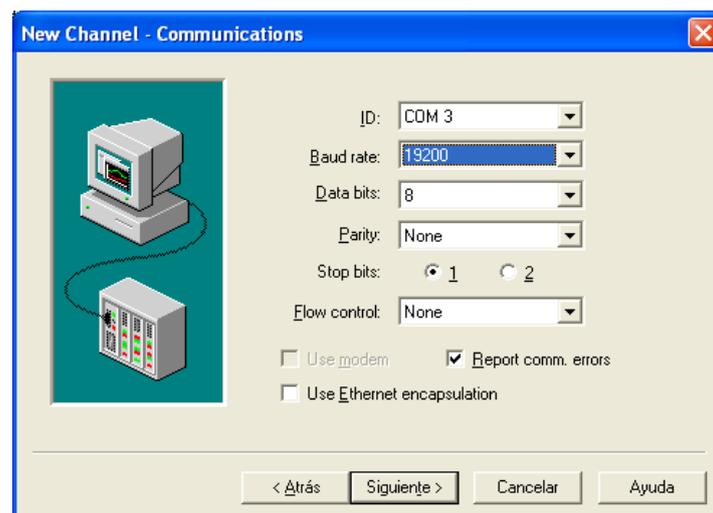


Figura 3. 39 New Channel Communications.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Se acepta las consideraciones generales, y la configuración por default, hasta que se apreció la ventana con el resumen general y se finaliza.

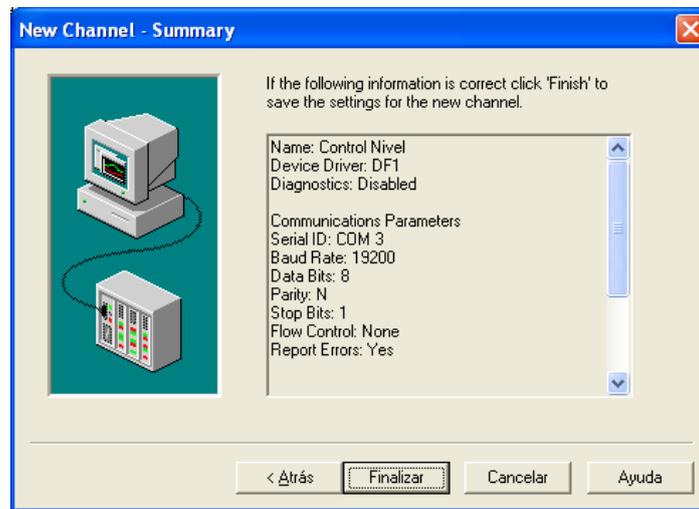


Figura 3. 40 New Channel Summary.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Creación de un device.

Para añadir un device, en la ventana principal del Top Server, en la parte derecha superior, se seleccionó, “Click to add device”.

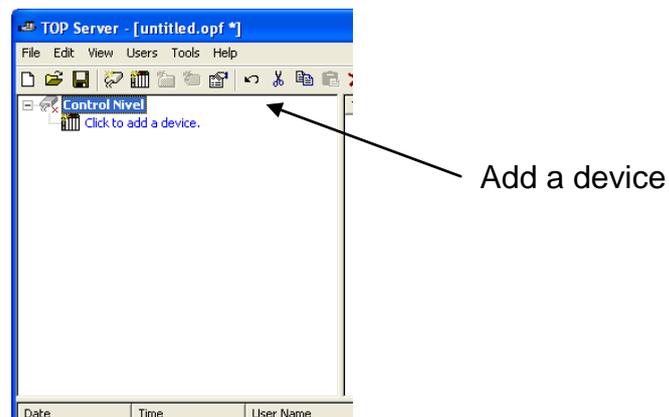


Figura 3. 41 Top Server Add a device.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Se seleccionó un nombre intuitivo, para este caso se asigna el nombre de “Control Nivel”.

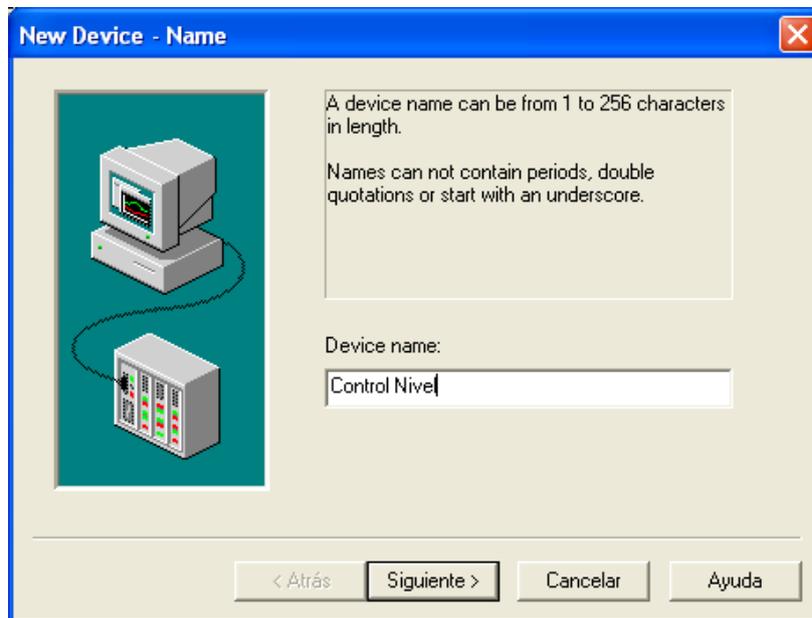


Figura 3. 42 New device name
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autor del proyecto

El modelo del device es “Micrologix”.

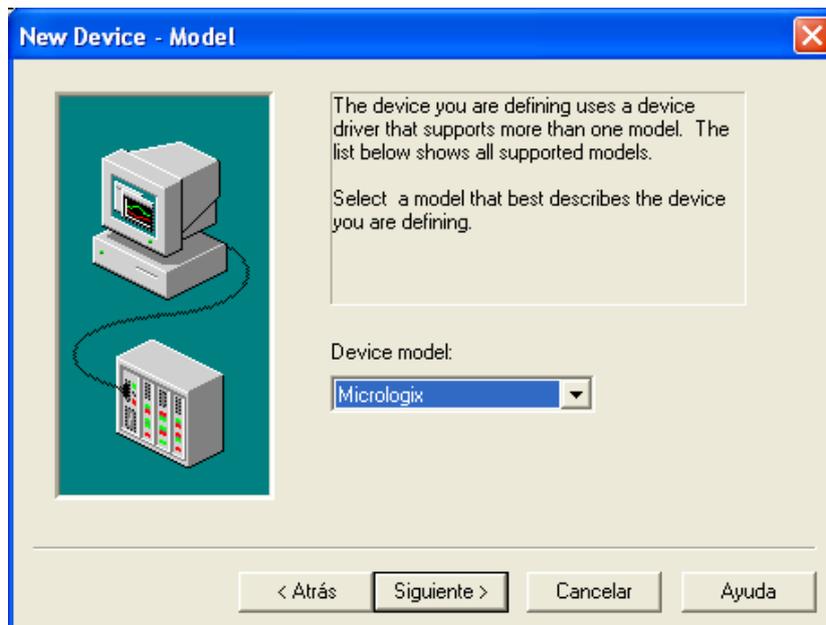


Figura 3. 43 New device model
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autor del proyecto

El ID device, en este caso es “1”, ya que el ID “0” es tomado por el computador.

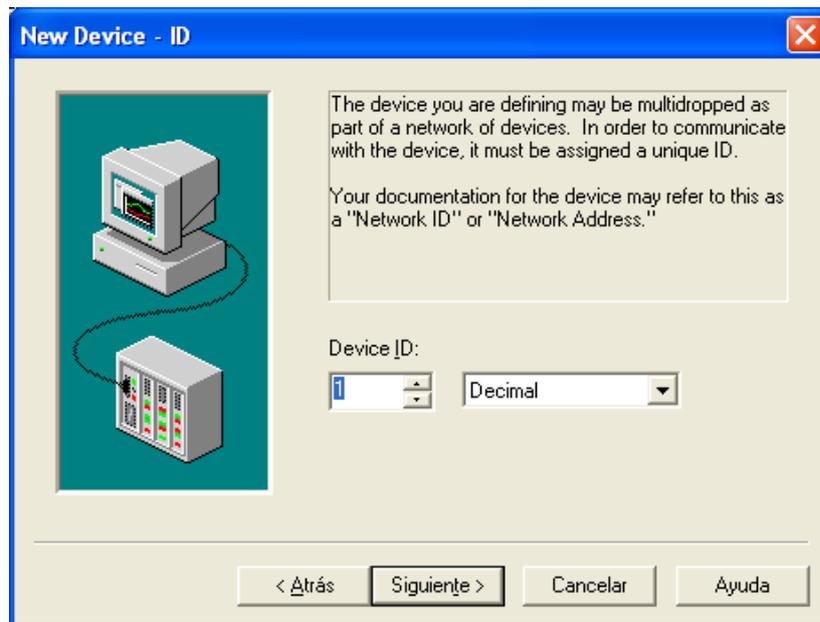


Figura 3. 44 New device ID
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autor del proyecto

Se aceptaron las condiciones Timing.

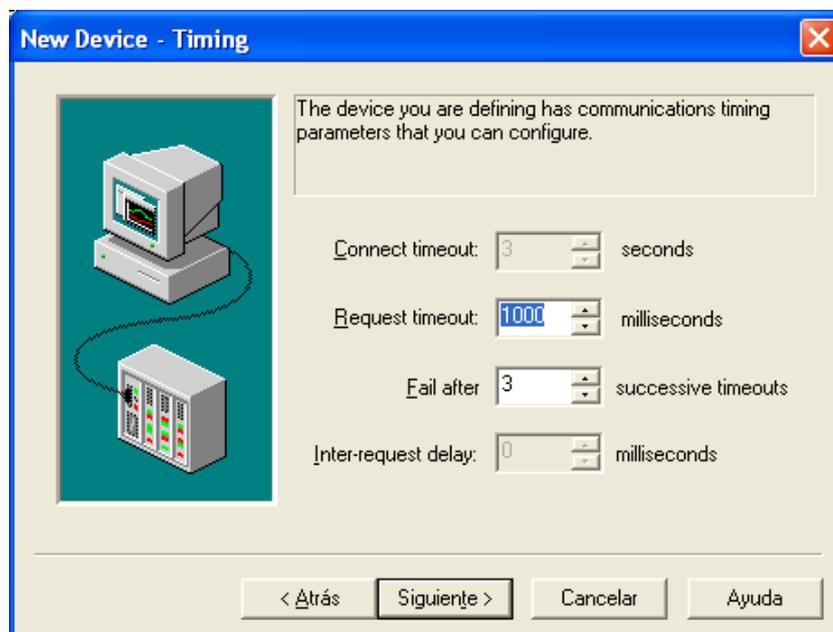


Figura 3. 45 New device Timing.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Se seleccionó el Error Cheking Method CRC, y Request Size Large.

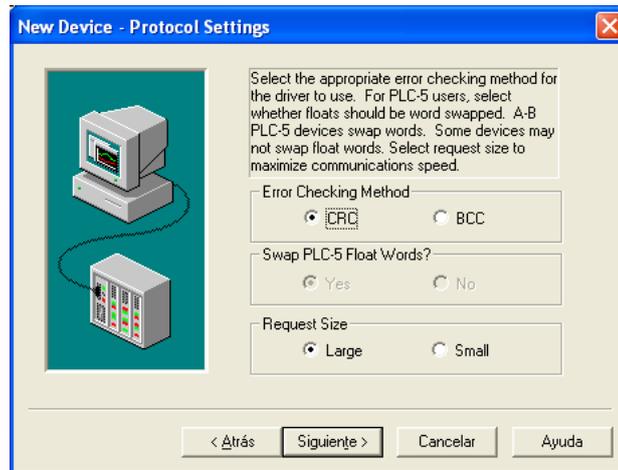


Figura 3. 46 New device protocol settings.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Y se aceptó el resumen del nuevo device.

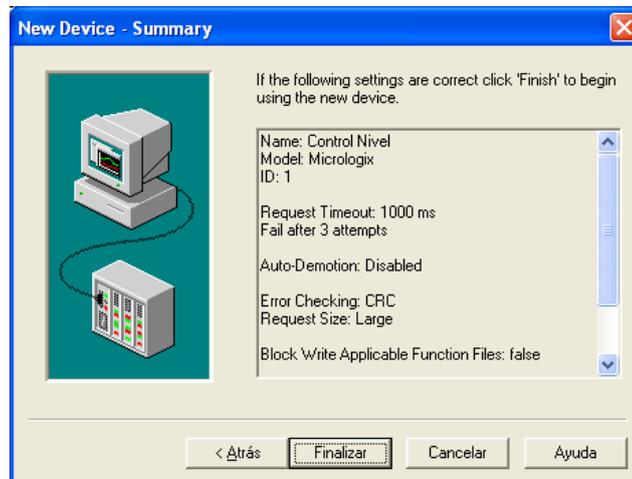


Figura 3. 47 New device Summary.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

El siguiente y último paso es la adición de tags, los cuales son la comunicación entre el proceso, y el ordenador.

En la ventana principal del Top server, en la parte central, se selecciona “Click to add a static tag”.

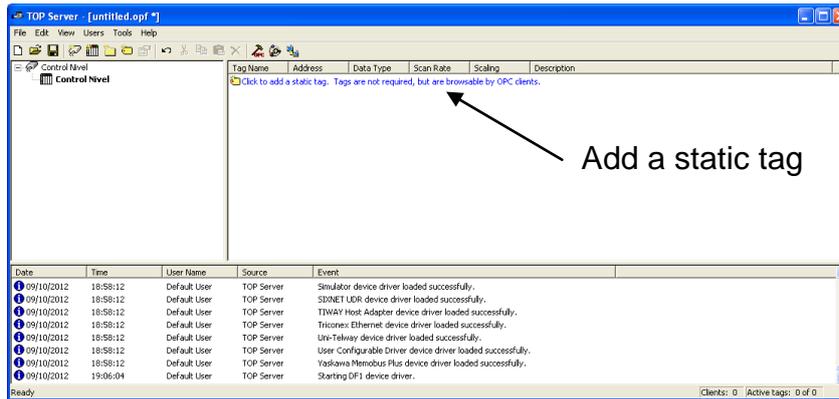


Figura 3. 48 Top Server Add a static tag.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Se muestra una ventana en la cual se asigna el nombre de la variable y la dirección, y se comprueba seleccionando check Address, y se observa cómo cambia el tipo de archivo a "Float", que es el tipo de variable emplea en la programación.

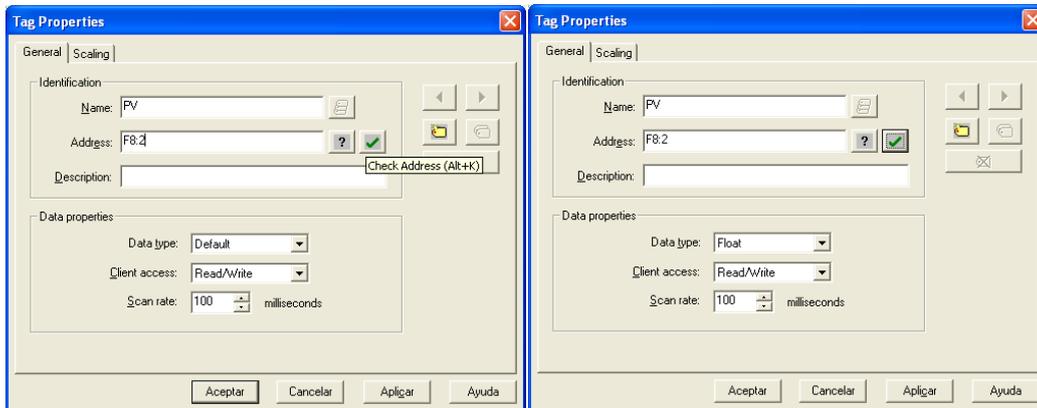


Figura 3. 49 Tag Propiedades PV.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Y se aceptó, de la misma forma se procedió hacer con las otras variables, como el Set Point.

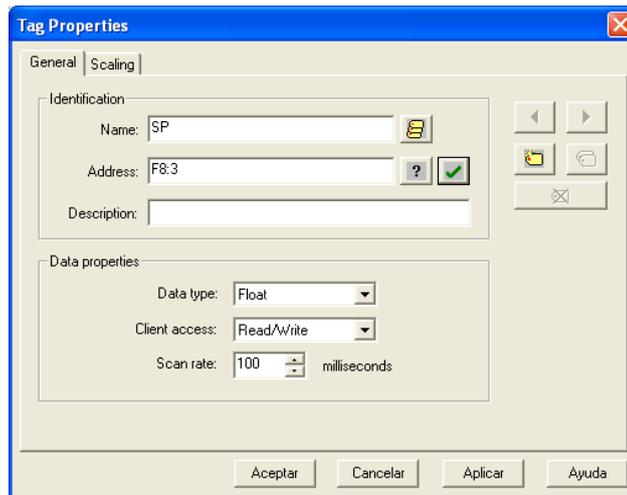


Figura 3. 50 Tag Propiedades SP.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Y la variable de la histéresis.

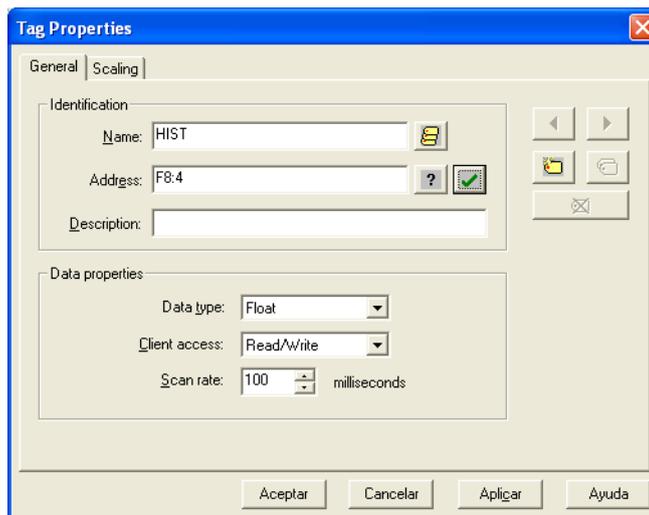


Figura 3. 51 Tag Propiedades HIST.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

3.5.3. Programación del HMI en LabVIEW

Para la creación del HMI, se crea un nuevo VI.

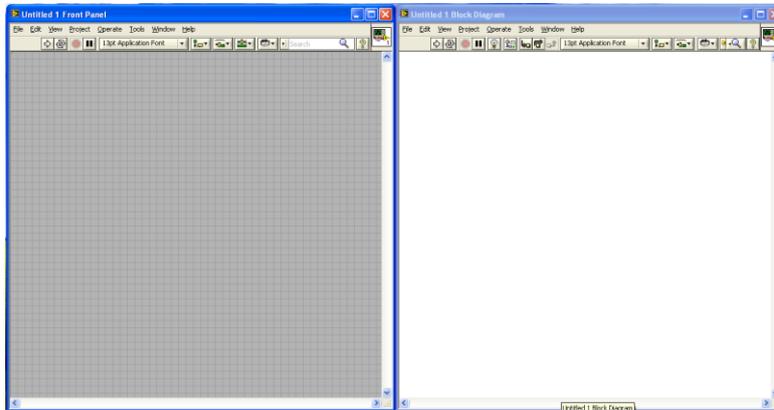


Figura 3. 52 Ventana Principal LabVIEW.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Dentro de la ventana de Panel Frontal de LabVIEW, se seleccionó un Indicador Numérico, Para la visualización del nivel del tanque, se selecciona TANK.

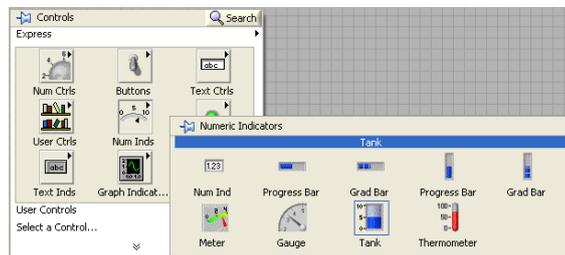


Figura 3. 53 Indicador Numérico TANK.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Para el control del nivel, es decir para el SP (set point), se colocó un control numérico, y se seleccionó un "Pointer Slide"

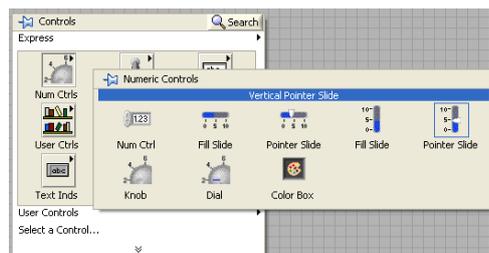


Figura 3. 54 Control Numérico Pointer Slide.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Para este caso se tiene un control del valor de la histéresis, se colocó un control numérico.

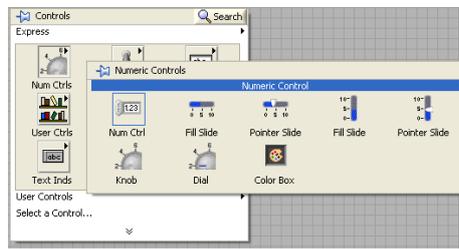


Figura 3. 55 Control Numérico para la Histéresis.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Para la visualización gráfica de las variables tanto del SP, como del PV, se colocó un indicador gráfico, “WaveformChart”.

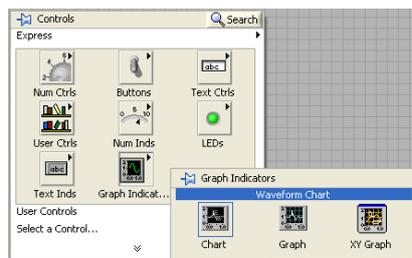


Figura 3. 56 Indicador Grafico Waveform Chart.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Quedando de esta forma estructurado gráficamente el HMI, para el control de nivel.

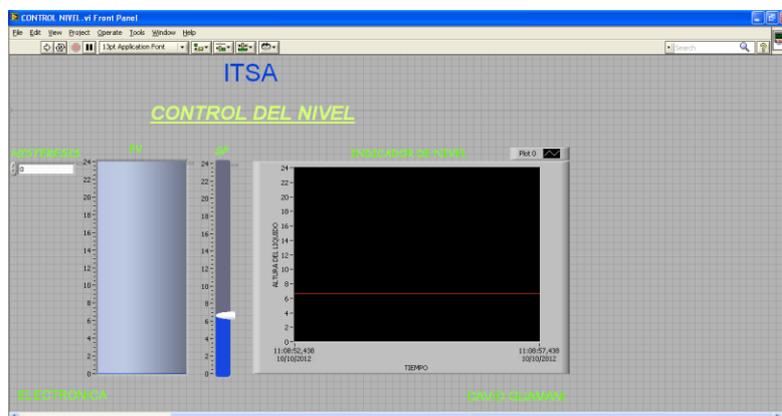


Figura 3. 57 Programación gráfica Control de Nivel.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Finalizado gráficamente el control de nivel, se procedió a la programación de los diagramas de bloques.

En la ventana Diagrama de Bloques, se tiene todos elementos que se adicionaron anteriormente.

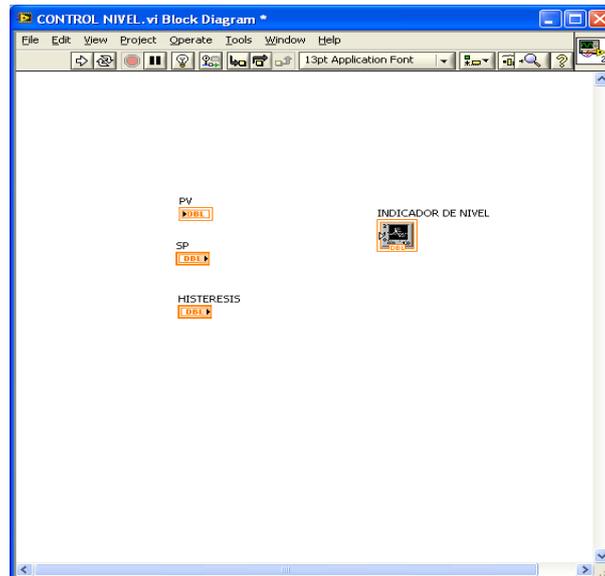


Figura 3. 58 Diagrama de bloques LabVIEW.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Se colocaron los elementos dentro de una estructura While Loop.

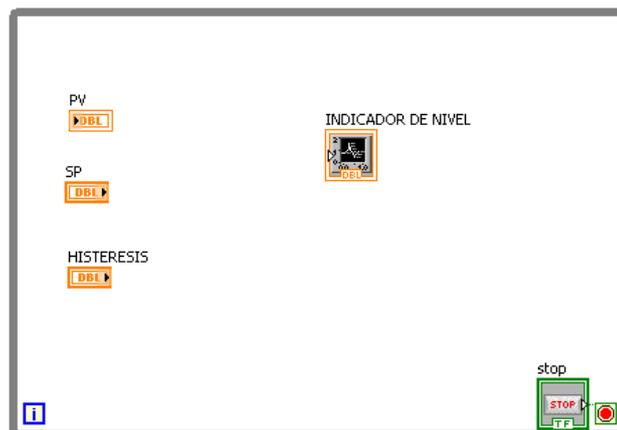


Figura 3. 59 Programación diagrama de Bloque estructura While Loop.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Se creó una variable local, de PV, y con un (merge), de dos puntos, se ilustra, PV y SP, en el indicador gráfico.

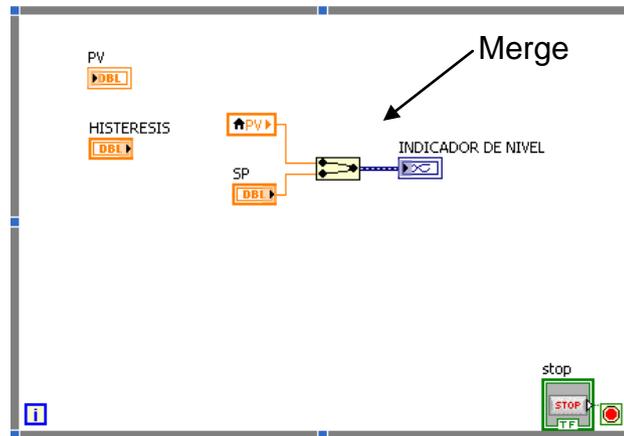


Figura 3. 60 Programación diagrama de Bloque adición de un merge.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Una vez desarrollada la programación del diagrama de bloques, se realizó el enlace, para la comunicación, con el servidor TopServer.

Para ello, en el diagrama de bloques, clic derecho en la variable que en este caso es PV, se selecciona propiedades.

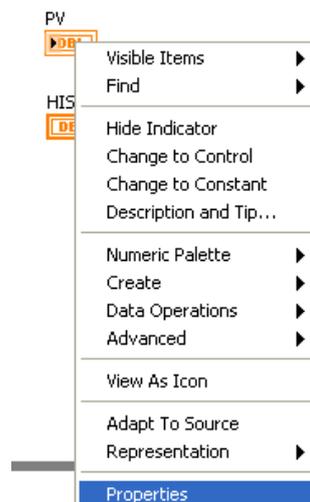


Figura 3. 61 Propiedades PV.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

En la ventana de propiedades en Data Binding, se seleccionó DataSocket, y como se trata del PV, solo se lee la variable.

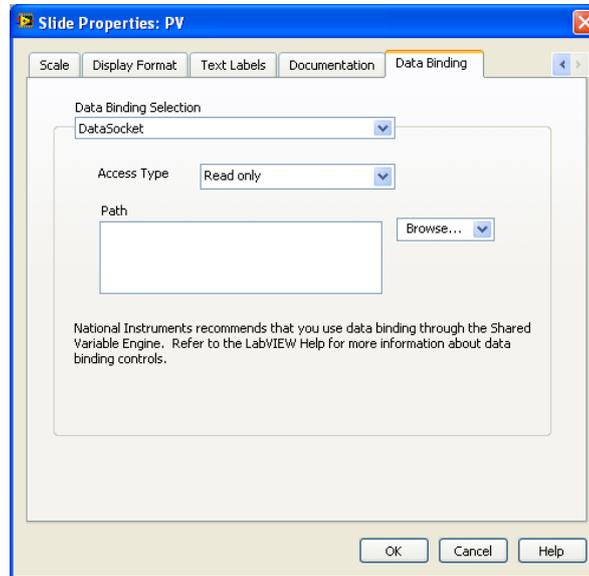


Figura 3. 62 Data Binding PV.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

En Browse, se seleccionó DSTP Server.

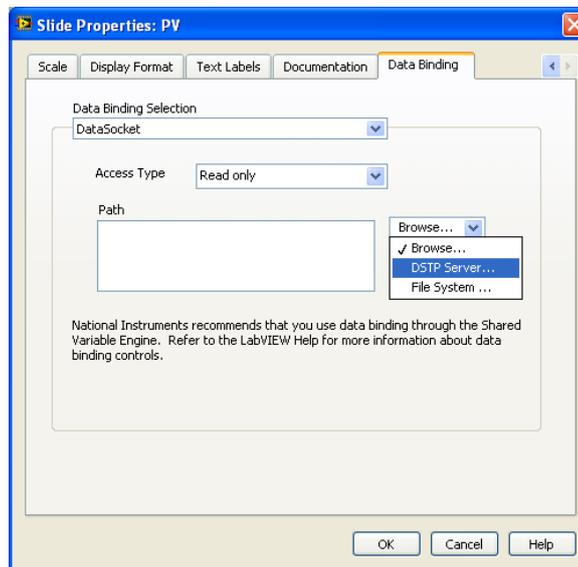


Figura 3. 63 Slide Properties DSTP Server.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

En la ventana que se muestra, en SWToolbox. TOPServer, se seleccionó, nombre del canal, seguido del nombre del drive, en los cuales se encuentra los Tags, creados en la programación del TopServer, para el caso se selecciona el Tag PV.

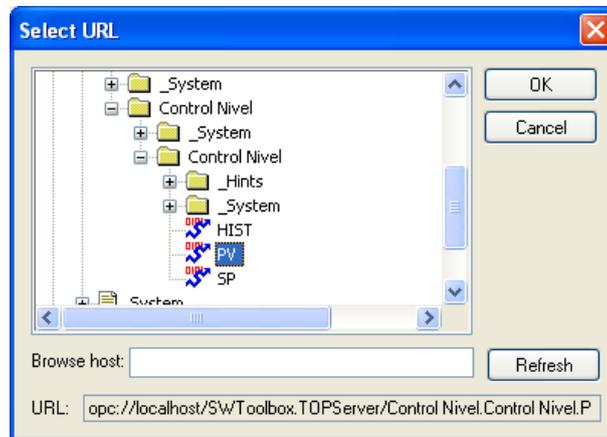


Figura 3. 64 Selección del Tag PV.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

De la misma manera se selecciona los Tags, Para las variables SP, HIST.

3.6. Monitoreo y control.

Para el monitoreo y control del proceso, fue necesario, colocar el procesador del PLC en modo MARCHA, en la barra de estado del procesador, se selecciona ir a en línea, y ejecutar.

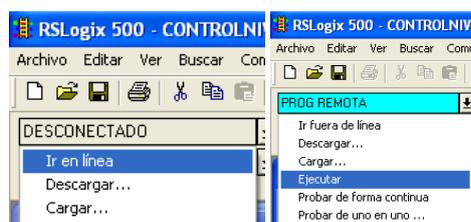


Figura 3. 65 Puesta en marcha y ejecutar PLC.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Se ejecuta el servidor desarrollado en TopServer, que para este caso se llama "Control Nivel".

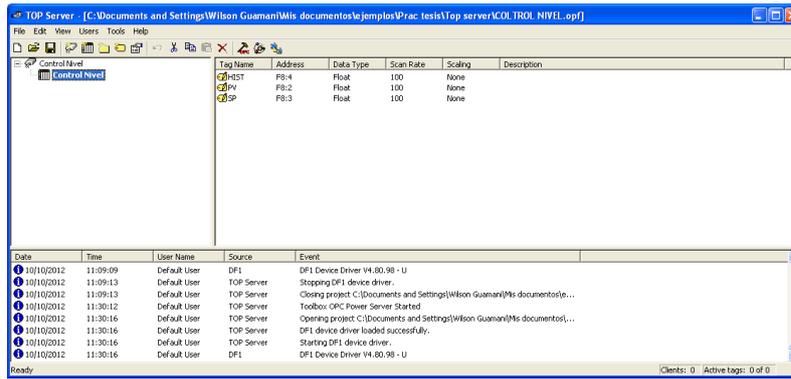


Figura 3. 66 Ventana Principal TopServer Control Nivel.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

De la barra de herramientas del Top Server, se seleccionó OPC Quick Client , el cual sirve para validar la comunicación existente entre el servidor y el proceso, es decir el PLC.

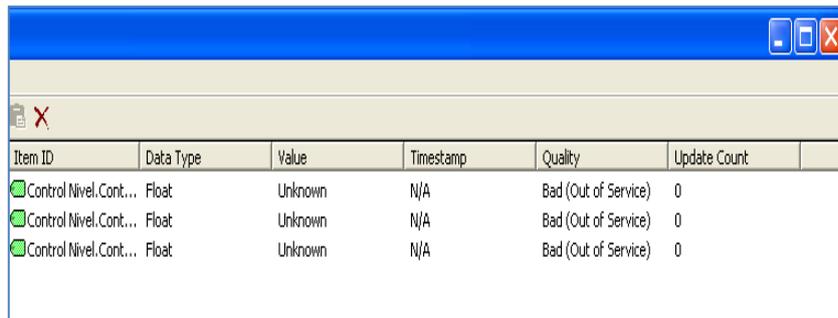


Figura 3. 67 OPC Quick Client Bad communication.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Se aprecia en la figura 3. 67, que la comunicación, entre el servidor, y el proceso (PLC), es mala, fuera de servicio, esto se debe a que el software RSLinx Classic, crea un conflicto con el servidor.

Para ello se realizó un *Shutdown* del *RSLinx Classic*, en la parte inferior izquierda de la ventana de Windows, con clic derecho en el icono del *RSLinx Classic*, y se seleccionó *Shutdown RSLinx Classic*.

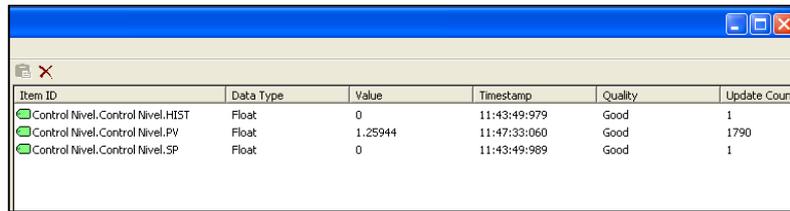


Figura 3. 68 Shutdown RSLinx Classic.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

De esta forma la comunicación entre el servidor, y el Proceso (PLC) inició, se pudo apreciar en la ventana del OPC Quick Client.



Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
Control Nivel.Control Nivel.HIST	Float	0	11:43:49:979	Good	1
Control Nivel.Control Nivel.PV	Float	1.25944	11:47:33:060	Good	1790
Control Nivel.Control Nivel.SP	Float	0	11:43:49:989	Good	1

Figura 3. 69 OPC Quick Client Good communication.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

Se aprecia en la figura 3.69, que la variable PV (process value), tiene un valor, el cual proviene del sensor de nivel, que representa la altura del agua real, además se aprecia que las variables HIST y SP, se encuentran en cero, esto es debido a que aun no son asignadas.

Para asignar dichas variables, en el programa desarrollado en LabVIEW, Figura 3.70.

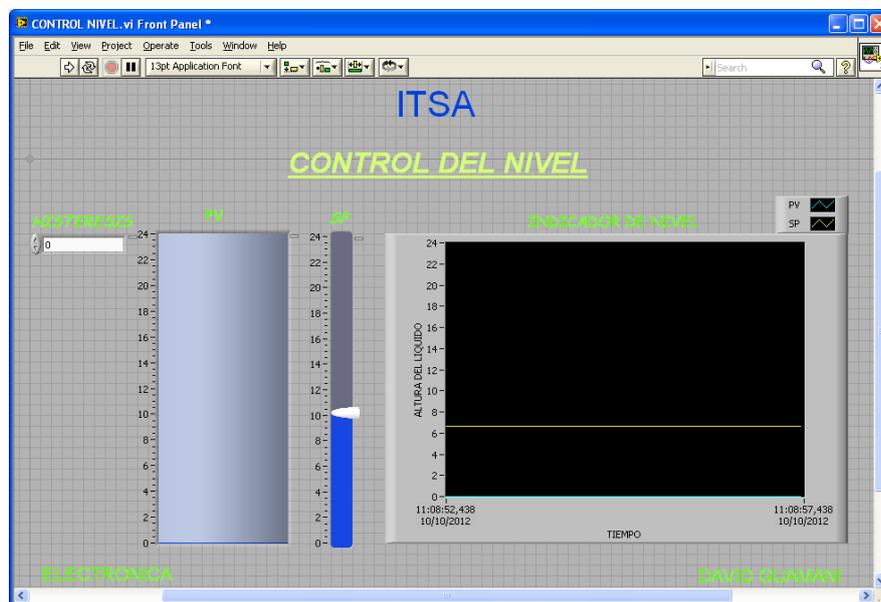


Figura 3. 70 Panel frontal LabVIEW.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Autor del proyecto.

En la barra de herramientas se seleccionó *Run Continuosly* , de esta forma se ejecutó el programa, se pudo apreciar gráficamente la adquisición de datos, de

esta manera se crea el HMI, teniendo un control del nivel del líquido, mediante el SP, y apreciando el nivel real del líquido mediante el PV.



Figura 3. 71 Run Continuosly Control Nivel.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

3.6.1. Funcionamiento del HMI

Con el HMI creado, se obtuvo un monitoreo y control del nivel, para la fase de prueba se toma un nivel de 15cm de altura del agua.

Para lo cual se coloca el SP en 15cm de agua, y una histéresis de 1cm, para tener un rango de +- 2cm.

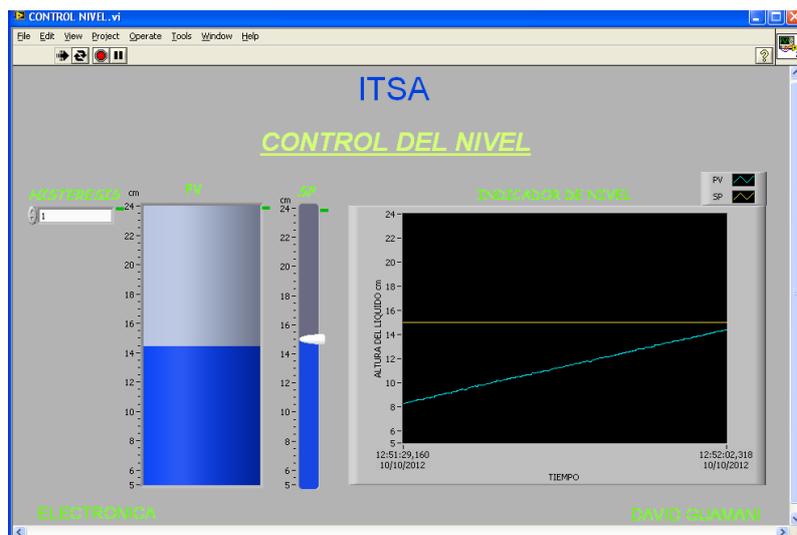


Figura 3. 72 Incremento del nivel hasta el SP.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Se observó como el nivel del líquido empieza a incrementar, hasta llegar al valor del SP.

Una vez alcanzado el valor del SP, el valor del PV, sobrepasa el mismo, ya que anteriormente, se colocó una histéresis de 1, es decir, PV sobrepasa a SP, en 1cm, como se aprecia en la figura 3.73.

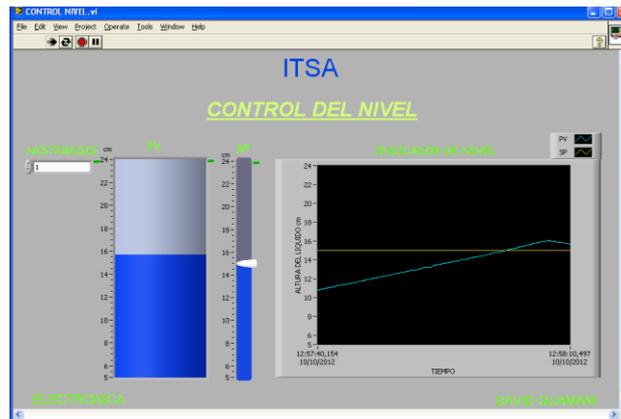


Figura 3. 73 PV sobrepasa SP en el valor de HIST.
Fuente: Investigación de campo.
Elaborado por: Autor del proyecto.

Cuando el valor de PV, alcanzó el valor máximo, $SP + HIST$, se desactivó la bomba, y se abrió la válvula, disminuyendo el nivel hasta el valor $SP - HIST$, manteniéndose el valor de PV, oscilando entre $SP \pm HIST$, como se aprecia en la figura 3.74

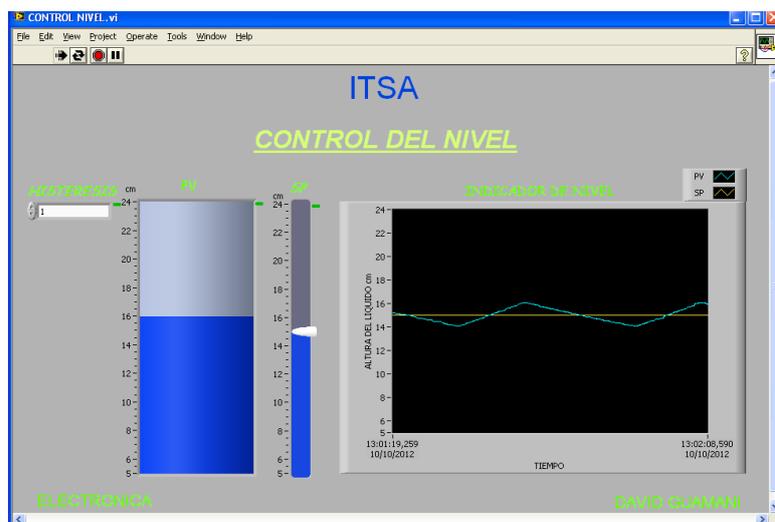


Figura 3. 74 Oscilación de PV
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Autor del proyecto

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se realizó el diseño e implementación del HMI, empleando el PLC MicroLogix 1100 de la marca Allen Bradley con el cual se tiene el monitoreo y control del nivel, cumpliendo con el objetivo planteado del presente proyecto.
- Se realizó un manejo de variables adecuado para mostrar resultados fáciles de interpretar, ya que se trabajó con variables analógicas, con una señal de corriente el mismo que varía de 4-20 mA.
- Con una mayor histéresis, se consigue que los actuadores, operen menos, y así conseguir un mayor tiempo de vida útil de los mismos, sin embargo se tiene una mayor variación del nivel deseado.
- La interfaz gráfica del HMI, permite que cualquier usuario interprete fácilmente el proceso y realice el control del mismo.
- Se introdujo correctamente tecnología nueva para un mejor aprendizaje en el laboratorio de instrumentación virtual del ITSA, el cual enfatiza en el desarrollo académico de los estudiantes de carrera de Electrónica del ITSA.

4.2. Recomendaciones.

- El funcionamiento, debe ser analizado basándose en los Datasheet, para una correcta utilización de los equipos, y basándose en la aplicación en las que se desee emplear, y así evitar el deterioro de los mismos.
- El servidor que se empleó (TopServer), es una versión demo, la cual permite un funcionamiento normal durante el lapso de 2 horas, luego de este tiempo, el programa se cierra, perdiéndose la comunicación con el proceso.
- Las conexiones deben ser realizadas con los equipos apagados, y verificar las mismas, antes del funcionamiento de los equipos, ya que pueden ser afectados seriamente, y variar los resultados deseados.
- El sensor de nivel debe ser correctamente calibrado basándose en el Datasheet proporcionado por el fabricante, y en los valores con los cuales va a operar, ya que al encontrarse des calibrado, varían los resultados reales con los resultados visualizados.

GLOSARIO

BIT:

Un bit es un dígito binario que puede tener uno de los dos valores siguientes: 0 ó 1 (activado/desactivado, verdadero/falso).

BYTE:

Un byte se compone de ocho bits.

DRIVER:

Es un prográmale cual controla un dispositivo, así como una impresora o un scanner. Todo lo que va conectado a una computadora ya sea externo o interno necesita un driver.

HMI:

Interfaz Máquina Humano.

IMPLEMENTACIÓN:

Poner en marcha un proceso, organización o planificado.

LabVIEW:

Es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G donde G simboliza que es lenguaje grafico. Este programa fue creado por National Instrument (1976), para funcionar sobre máquinas MAC, salió al mercado por primera vez en 1986.

NAN:

Está representado por un exponente de 255 y una parte distinta de cero. NANs se utilizan para indicarlos resultados que son matemáticamente indefinido como $0/0$, y la adición de más infinito a menos infinito. Todas las operaciones que se dan como entrada una NAN debe generar una NAN como salida.

OPC (OLE para el control de procesos).

OPC es una forma abreviada de “OLE for process control” y significa tecnología OLE para el control de procesos. OPC es una interfaz estándar basada en los requerimientos de la tecnología OLE/COM y DCOM de Microsoft, que facilita el intercambio de datos en forma estandarizada y simple entre aplicaciones de control y automatización, entre dispositivos y sistemas de campo y entre aplicaciones administrativas y de oficina.

PLC (Controlador Lógico Programable) .

Los controladores lógicos programables o PLC, son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial, están diseñados para controlar en tiempo real procesos secuenciales en un medio industrial. Su manejo y programación puede ser realizada por personal electricista, electrónico o de instrumentación, sin conocimiento de informática.

RS-232.

Estándar aceptado por la industria para las conexiones de comunicaciones en serie. Adoptado por la Asociación de Industrias Eléctricas, el estándar RS-232 (RS es acrónimo de Recommended Standard) define las líneas específicas y las características de señales que utilizan las controladoras de comunicaciones en serie, con el fin de estandarizar la transmisión de datos en serie entre dispositivos.

SOFTWARE.

Conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora.

BIBLIOGRAFÍA

Control Electro neumático Y Electrónico, John Hyde, Josep Regué, Albert Cuspinera

Automation, R. (April de 2011). MicroLogix 1762-IF2OF2 Analog Input/Output. *Installation Instructions (Publication 1762-IN005B-EN-P)* . Malaysia.

Bradley, A. (September de 2011). MicroLogix 1100 Programmable Controllers. *Instruction Set Reference Manual (Publication 1763-RM001D-EN-P)* . Istanbul.

Bradley, A. (2008). MICROLOGIX PROGRAMMABLE CONTROLLERS. *SELECTION GUIDE (Publication 1761-SG001C-EN-P)* . Rockwell Autoation.

SOLÉ, A. C. (1997). *INSTRUMENTACION INDUSTRIAL* (Sexta edición ed.). México, D.F.: ALFAOMEGA.

Bradley, A (Abril 2011). MICROLOGIX 1762 USER GUIDE

LINKOGRAFÍA

http://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_en_automatizaci%C3%B3n_y_control_industrial

<http://books.google.com.ec/books?id=ZYAYyO8CmilC&printsec=frontcover&dq=labview&hl=es&sa=X&ei=j2CVUNqzNoy09gSIjYHQBQ&ved=0CC4Q6wEwAA>

<http://real2electronics.blogspot.com/2011/07/maqueta-de-control-pid-con-arduino.html>

<http://www.slideshare.net/shuaranca/informe-resultados-control-on-off>

ANEXOS

Data files.

File Name	File Identifier	File Number ⁽²⁾	Words per Element	File Description
Output File	O	0	1	The Output File stores the values that are written to the physical outputs during the Output Scan.
Input File	I	1	1	The Input File stores the values that are read from the physical inputs during the Input Scan.
Status File	S	2	1	The contents of the Status File are determined by the functions which utilize the Status File. See System Status File on page 465 for a detailed description.
Bit File	B	3, 9 to 255	1	The Bit File is a general purpose file typically used for bit logic.
Timer File	T	4, 9 to 255	3	The Timer File is used for maintaining timing information for ladder logic timing instructions. See Timer and Counter Instructions on page 167 for instruction information.
Counter File	C	5, 9 to 255	3	The Counter File is used for maintaining counting information for ladder logic counting instructions. See Timer and Counter Instructions on page 167 for instruction information.
Control File	R	6, 9 to 255	3	The Control Data file is used for maintaining length and position information for various ladder logic instructions. See Control Data File on page 313 for more information.
Integer File	N	7, 9 to 255	1	The Integer File is a general purpose file consisting of 16-bit, signed integer data words.
Floating Point File	F	8, 9 to 255	2	The Floating Point File is a general purpose file consisting of 32-bit IEEE-754 floating point data elements. See Using the Floating Point (F) Data File on page 190 for more information.
String File	ST	9 to 255	42	The String File is a file that stores ASCII characters. See String (ST) Data File on page 312 for more information.
Long Word File	L	9 to 255	2	The Long Word File is a general purpose file consisting of 32-bit, signed integer data words.
Message File	MG	9 to 255	25	The Message File is associated with the MSG instruction. See Communications Instructions on page 341 for information on the MSG instruction.
Programmable Limit Switch File	PLS	9 to 255	6	The Programmable Limit Switch (PLS) File allows you to configure the High-Speed Counter to operate as a PLS or rotary cam switch. See Programmable Limit Switch (PLS) File on page 120 for information.
PID File	PD	9 to 255	23	The PID File is associated with the PID instruction. See Process Control Instruction on page 279 for more information.
Routing Information File	RI	9 to 255	20	The Routing Information File is associated with the MSG instruction. See Communications Instructions on page 341 for information on the MSG instruction.
Extended Routing Information File ⁽¹⁾	RIX	9 to 255	25	The extended Routing Information File is associated with the MSG instruction. See Communications Instructions on page 341 for information on the MSG instruction.

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Guamani Proaño Wilson David.

NACIONALIDAD: Ecuatoriana.

FECHA DE NACIMIENTO: 09 de Noviembre de 1987.

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 050327397-1

TELÉFONOS: 0998436612

CORREO ELECTRÓNICO: davgp_8719@hotmail.com

DIRECCIÓN: Latacunga, Cdl. Maldonado Toledo. Calle Salcedo.



ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA: Escuela Fiscal “JORGE ICAZA”

SECUNDARIA: Instituto Técnico Superior “Ramón Barba Naranjo”.

SUPERIOR: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

TÍTULOS OBTENIDOS

Bachiller Técnico Industrial Especialidad: Mecánica – Industrial

PRÁCTICAS PRE-PROFESIONALES

Transporte Aéreo Militar Ecuatoriano. (T.A.M.E.)

Unidad Aéropolicial “Santo Domingo de los Tsachilas”

CURSOS Y SEMINARIOS

Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

“Suficiencia en el idioma Inglés”

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS
DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE RESPONSABILIZA
EL AUTOR**

WILSON DAVID GUAMANI PROAÑO.

DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA

ING. PABLO PILATÁSIG.

Latacunga, Noviembre 2012.

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, Wilson David Guamani Proaño, Egresado de la carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica en el año 2012, con Cédula de Ciudadanía N° 050327397-1, autor del trabajo de Graduación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE NIVEL UTILIZANDO EL PLC MICROLOGIX 1100 EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL EN EL ITSA”** cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

Wilson David Guamani Proaño

Latacunga, Noviembre 2012.